



Melhoria da atividade de *picking* - um caso de estudo na distribuição de peças para veículos automóveis.

Fellipe Ramos

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Contabilidade e Administração do Porto para obtenção do Grau de Mestre em Logística

Porto, Novembro de 2016



Melhoria da atividade de *picking* - um caso de estudo na distribuição de peças para veículos automóveis.

Fellipe Ramos

Orientada por Professor Antonio Galvão Ramos

Porto, Novembro de 2016

Se podemos sonhar, também podemos tornar nossos sonhos realidade.
(Walt Disney)

AGRADECIMENTOS

A Deus, por essa oportunidade e estar sempre ao meu lado em todos os momentos dessa caminhada. Ao meu orientador Professor Antonio Galvão Ramos, pela orientação e ensinamento concedido nesse ano. À Professora Ana Paula Lopes pelas orientações referente ao uso da simulação no Arena. Agradeço também aos demais professores do Mestrado em Logística que fizeram diferença nos meus estudos.

Aos meus amigos de Mestrado, Gonçalo Feliciano e Rui Costa, obrigada pela amizade.

Agradeço a empresa MCoutinho por abrir as portas do seu armazém para que eu pudesse realizar as pesquisas e recolha de dados referente a este trabalho.

Muito obrigado à minha família por todo apoio, especialmente, ao meu grande amor Fernanda Rosa Assis por fazer parte da minha vida, pelo carinho, atenção e por tudo que você faz por mim. Com certeza foi a grande incentivadora para que fosse encerrado esse ciclo em minha vida.

Por fim, agradeço a APNOR e ao ISCAP por dar a oportunidade a milhares de jovens que procuram realizar o sonho de se especializar, aprender e tonarem-se profissionais mais capacitados

RESUMO

O presente trabalho aborda a atividade de recolha e separação de pedidos, e analisa, por meio da simulação computacional, o impacto da utilização de estratégias e tecnologias nessa atividade. De acordo com a literatura, é possível verificar que existe uma variedade de abordagens, sistemas e tecnologias desenvolvidas especificamente para o picking. A escolha da melhor opção para reduzir o tempo de picking depende das características de cada armazém e os processos que são realizados. Neste trabalho, foi feito um estudo de caso em uma empresa distribuidora de peças de automóvel localizada no Porto - PT. Atualmente, esta empresa não utiliza qualquer estratégia ou tecnologia para tentar minimizar o tempo de recolha dos itens. Portanto, o objetivo principal foi propor melhorias a esta empresa, no que diz respeito ao seu processo de *picking*. Para cumprir este objetivo, foram analisadas diversas estratégias e tecnologias para selecionar as mais adequadas, de acordo com as características do armazém. Após a análise da situação atual da empresa e os processos realizados no armazém, constatou-se que o método de recolha por lote com as rotas de heurística combinada é o mais adequado para a empresa, podendo reduzir até 40% o tempo do processo de recolha. Além disso, o uso da tecnologia de Radio Frequência pode economizar ainda mais 15% no tempo do picking. Sendo assim, com os tempos de picking recolhidos na empresa, foram feitas as simulações no software Arena para quatro modelos diferentes e os resultados obtidos mostram que é possível melhorar a eficiência do armazém da empresa estudada.

Palavras-chave: Logística, *Picking*, Simulação, Armazém.

RESUMEN

En el presente trabajo se aborda la actividad de adquisición y separación de pedidos, analizando mediante simulación computacional el impacto de implementar estrategias y tecnologías. De acuerdo a la literatura, se verifica que existe una variedad de aborgajes , sistemas y tecnologías desarrollados específicamente para el *picking*. La elección de la mejor opción para reducir el tiempo de *picking*, depende de las características de cada almacén y los procesos utilizados. En este trabajo, se realizó un estudio de caso en una empresa distribuidora de piezas de automóviles, localizado en la ciudad de Porto-PT. Actualmente, dicha empresa no utiliza estrategia alguna o tecnología para intentar minimizar el tiempo de recogida de mercadería. Por lo tanto, el objetivo principal fue proponer a la empresa mejoras respecto de su proceso de *picking*. Para cumplir dicho objetivo, se analizaron diversas estrategias y tecnologías para seleccionar las más adecuadas, de acuerdo con las características del almacén. Luego de analizar la situación actual de la empresa y los procesos en el almacén, se constató que el método de recogida por lote utilizando heurística combinada es el más adecuado para la empresa, pudiendo reducir hasta una 40 % el tiempo de recogida. Por otro lado, el uso de tecnología de *radio frecuencia* puede economizar 15 % más en el tiempo de *picking*. Siendo así, con los tiempos de *picking* recogidos en la empresa, se realizaron las simulaciones para cuatro modelos diferentes en el software Arena, observándose a partir de los resultados obtenidos, que es posible mejorar la eficiencia del almacén de la empresa estudiada.

Palavras-chave: Logística, *Picking*, Simulacion, Almacén.

ABSTRACT

The present work approaches the activity of collection and separation of orders, and analyses, through computer simulation, the impact of the use of strategies and technologies in this activity. According to the literature, it is possible to verify that there are a variety of approaches, systems and technologies specifically designed for order picking. The selection of the best option to reduce the picking time depends on the characteristics of each warehouse and the processes that they used. In this work, a case study in a distribution company of car parts located in Porto - PT. Nowadays, the company does not use any strategy or technology to try to minimize the time of picking. Therefore, the main objective is to propose improvements to the company, related to the order picking process. To achieve this objective, several strategies and technologies were analysed to select the most appropriate according to the characteristics of the warehouse. After examining the current situation of the company and the processes carried out in the warehouse, it was found that the batch collection method with the combined heuristics routes is the most suitable to the company and is it possible to reduce up to 40% time of the order picking process. In addition, the use of the technology of Radio Frequency can save even more 15% in the picking time. Thus, with the picking times collected in the company, it was made simulations in software Arena for four different models and the results show that it is possible to improve warehouse efficiency of the studied company.

Keyword: Logistics, Picking, Simulation, Warehouse.

ÍNDICE

| | |
|---|-----------|
| CAPÍTULO 1 | 2 |
| 1.1 Introdução | 4 |
| 1.2 Enquadramento..... | 4 |
| 1.3 Objetivo Geral | 5 |
| 1.4 Estrutura do trabalho | 6 |
| 1.5 Metodologia de pesquisa | 7 |
| CAPÍTULO 2 Revisão Bibliográfica | 8 |
| 2.1 Logística..... | 9 |
| 2.2 Cadeia de abastecimento..... | 10 |
| 2.3 Picking | 11 |
| 2.3.1 Estratégia para a preparação de pedidos..... | 11 |
| 2.3.2 Picker-to-parts..... | 15 |
| 2.3.3 Parts-to-picker..... | 16 |
| 2.3.4 “Boas práticas” para o <i>picking</i> | 17 |
| 2.3.5 Tecnologias para a realização do <i>picking</i> | 19 |
| 2.4 Simulação | 22 |
| CAPÍTULO 3 Caso de estudo | 28 |
| 3.1 Caracterização da empresa | 28 |
| 3.2 Processamento de pedidos..... | 28 |
| 3.3 Situação atual do armazém | 28 |
| 3.1 Caracterização da empresa | 29 |
| 3.2 Processamento de pedidos | 30 |
| 3.3 Situação atual do armazém..... | 31 |
| 3.4 Processo de picking..... | 33 |
| CAPÍTULO 4 Desenvolvimento do modelo | 36 |
| 4.1 Recolha de dados | 37 |
| 4.2 Configuração dos modelos..... | 39 |
| 4.2.1 Réplicas..... | 42 |
| 4.2.2 Modelos propostos | 42 |
| 4.3 Resultados e discussão..... | 43 |
| CAPÍTULO 5 Conclusão | 46 |
| 5. Conclusão | 48 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 - Componentes da Gestão Logística. | 10 |
| Figura 2 – Rota em forma de S. | 13 |
| Figura 3 – Rota de retorno. | 13 |
| Figura 4 - Rota do ponto médio. | 13 |
| Figura 5 - Rota de maior intervalo. | 14 |
| Figura 6 - Rota composta ou combinada. | 14 |
| Figura 7 - Rota otimizada. | 14 |
| Figura 8 – <i>Picker-to-parts</i> | 15 |
| Figura 9 – <i>Parts-to-picker</i> (Carrossel vertical). | 17 |
| Figura 10 - Leitor de códigos de barras. | 19 |
| Figura 11 - Fases principais num estudo de simulação. | 24 |
| Figura 12 – Marcas representada pela MCoutinho. | 29 |
| Figura 13 - Modalidade de entrega MCoutinho. | 29 |
| Figura 14 - Impressão e organização das ordens <i>picking</i> | 30 |
| Figura 15 - Fluxograma de processamento do pedido na MCoutinho. | 31 |
| Figura 16 - Layout do armazém. | 32 |
| Figura 17 - Correlação entre o número de itens e o tempo de recolha | 39 |
| Figura 18 - Distribuição de acordo com o Input Analyzer. | 40 |
| Figura 19 - Modelo de simulação criado no ARENA. | 41 |

ÍNDICE DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 - Tempos de recolha de pedidos..... | 37 |
| Tabela 2 - <i>Ranking</i> das distribuições gerado pelo <i>Input Analyzer</i> | 40 |
| Tabela 3 - Quantidade de pedidos recolhidos. | 43 |
| Tabela 4 - Tempo que um pedido permanece na fila. | 43 |
| Tabela 5 - Tempo de processamento do picking por pedido. | 44 |
| Tabela 6 - Taxa de ocupação dos operadores | 44 |

LISTA DE ABREVIATURAS

SKU - *Stock Keeping Unit*

WMS - *Warehouse Management System*

RF - *Radio Frequency*

RFID – *Radio Frequency IDentification*

ERP - *Enterprise Resource Planning*

AS – Sistema de Armazenamento

RS – Recolha Automático

CAPÍTULO 1

1.1 Introdução

1.2 Enquadramento

1.3 Objetivo Geral

1.4 Estrutura do trabalho

1.5 Metodologia de pesquisa

1.1 Introdução

A competitividade intensa entre as empresas, não só pela busca de novos clientes, mas também para aprimorar os seus produtos e serviços para satisfazer os clientes atuais, vem tornando a logística uma área competitiva para as empresas nas últimas décadas. A existência de vários produtos substituíveis faz as empresas perceberem que uma capacidade de entrega rápida é importante para manter a participação de mercado. A exigência de entrega rápida tem grande impacto nas operações de armazenagem. Os produtos precisam ser armazenados e recolhidos de forma que o tempo de permanência de um pedido do cliente em um depósito possa ser encurtado. Novos equipamentos de manuseio de materiais são introduzidos para auxiliar o processo de armazenamento e recolha.

Paralelamente às mudanças nos perfis de pedidos dos clientes, as últimas duas décadas também se caracterizam pela centralização das instalações na cadeia de suprimentos. O resultado da centralização é uma menor quantidade de armazéns, porém com maior variedade de produtos. O aumento da variedade de produtos armazenados requer uma análise sobre a utilização do espaço físico. Para acomodar os produtos, os armazéns tornam-se maiores, provocando um maior tempo de viagem para coletar os itens armazenados.

A discussão sobre o impacto das novas tendências da gestão logística revela novos desafios para o processo de *picking*. O *picking* é a atividade de recolha dos itens em locais de armazenamento com o objetivo de cumprir o pedido de um cliente. Esta atividade é responsável por consumir cerca de 60% da mão-de-obra no armazém. Quando uma empresa consegue obter reduções substanciais de tempo gasto com manuseamento dos produtos dentro do seu armazém, estará também conseguindo uma redução dos custos operacionais (De Koster, 1999).

Diante do exposto, o presente trabalho tem como finalidade propor melhorias para tentar otimizar o desempenho do processo de *picking* de uma empresa de peças para automóveis. Para isso, é feita uma revisão da literatura contemplando diversos autores, com o intuito de assegurar os fundamentos teóricos para que as melhorias sejam sugeridas. Também é referido no trabalho o cenário atual da empresa, analisando os processos existentes dentro do armazém e as possíveis falhas que podem ser corrigidas para aumentar a eficiência dos mesmos. Por fim, são construídos modelos de simulação computacional para verificar, de acordo com alguns indicadores de desempenhos estabelecidos, o impacto das melhorias sugeridas.

1.2 Enquadramento

O cenário econômico atual exige das empresas um esforço para minimizar os custos internos e ao mesmo tempo entregar o melhor serviço ou produto perante a concorrência, ou seja, melhorar a sua eficiência operacional.

Segundo De Koster et al. (2001) é possível melhorar a eficiência operacional na preparação de pedidos com as estratégias apropriadas. Estas políticas focam-se na redução dos tempos de viagem e podem ser classificadas em um dos quatro grupos de políticas de funcionamento: definição de rotas, armazenamento, desenho de layout e processamento em lotes (Đukić et al., 2010). As pesquisas nessa área têm concluído que existem vários métodos para preparar uma ordem tão eficientemente quanto possível (De Koster et al., 2007). Para Đukić et al., (2010), o tempo para escolher uma ordem pode ser dividido em três componentes: tempo para viajar na procura dos itens, o tempo para recolher os itens e tempo para as atividades restantes. Desse modo, existe oportunidade para melhorar a eficiência da preparação de pedidos, reduzindo as distâncias de viagem. Outro fator que pode promover melhorias dentro das empresas, referente ao processo de *picking*, são as tecnologias de informação. Elas servem de apoio para a combinação de processos de transação, suporte de decisão e sistemas de comunicação (Bowersox, 2010).

Neste contexto, o presente trabalho tem como finalidade propor melhorias no desempenho do *picking* da empresa MCoutinho Peças, distribuidora de peças para veículos automóveis localizada na cidade de Porto – PT.

Atualmente a empresa MCoutinho não possui uma estratégia de *picking* para minimizar o tempo de deslocamento e a quantidade de vezes que um operador se desloca do seu ponto de origem até às estantes para recolher os produtos. Além disso, todo o processo de conferência dos produtos, antes e depois da recolha é feito manualmente com caneta e papel, deixando o operador com as duas mãos ocupadas praticamente todo o tempo. Tais aspetos como a falta de um método de separação de pedidos neste armazém e a possibilidade de aplicar métodos de simulação na recolha de materiais, de modo a analisar os impactos da implantação de uma estratégia de *picking*, serviram como motivadores para a realização deste trabalho.

1.3 Objetivo Geral

O objetivo desse trabalho é propor melhorias para o processo de *picking* de uma distribuidora de peças para automóveis. Para alcançar o objetivo geral foram estabelecidos três objetivos específicos.

- 1) Estudar os conceitos referente ao *picking* e a simulação;
- 2) Descrever a situação atual do armazém da empresa estudada;
- 3) Verificar, utilizando modelos de simulação computacional, os impactos das melhorias propostas.

1.4 Estrutura do trabalho

A dissertação encontra-se dividida em cinco capítulos.

No presente capítulo apresenta-se uma breve introdução sobre o tema dessa dissertação, o enquadramento geral contemplando os motivos e a importância da abordagem do tema, os objetivos a atingir e como está estruturado esse trabalho.

No capítulo 2 é feita uma revisão bibliográfica contemplando os principais temas para dar a esta dissertação fundamentos suficientes para ser construída. A primeira parte faz-se uma alusão à logística e às cadeias de abastecimento, seguida da revisão bibliográfica com o foco nos temas principais: *picking* e simulação.

O capítulo 3 apresenta o caso de estudo na empresa MCoutinho. O foco deste capítulo é esclarecer qual o tipo de negócio que a empresa trabalha, quais são as condições físicas do armazém e a forma como é feito o processo de *picking* atualmente.

No capítulo 4 é descrito como se desenvolve o modelo de simulação, desde o método de recolha de dados, a análise estatística da amostra, a criação do *template* Arena e a análise dos resultados.

O capítulo 5 apresenta as principais conclusões dessa dissertação. Além disso, propõe-se a realização de trabalhos futuros.

1.5 Metodologia de pesquisa

Nesse trabalho é utilizada uma abordagem quantitativa e qualitativa, sendo os instrumentos de pesquisa ou recolha de dados, a observação não participante.

Cervo, Bervia e Silva (2007) escrevem que a pesquisa é uma atividade voltada para a investigação, por meio de processos científicos, de problemas teóricos ou práticos, ou seja, parte de uma dúvida ou problema, buscando uma resposta ou solução por meio de método científico. A forma de abordagem do problema de pesquisa será do tipo quantitativa e qualitativa, visto que se pretende analisar e comparar alguns cenários após serem simulados. De acordo com Mascarenhas (2012), a pesquisa quantitativa é baseada em quantificação para coletar dados. Neste tipo de pesquisa é fundamental a utilização de técnicas estatísticas, como médias, percentagens e desvio padrão, com o objetivo de evitar a influência do pesquisador perante aos resultados. Kauark, Manhães e Medeiros (2010) acrescentam que a pesquisa quantitativa traduz em números as observações e informações recolhidas para posteriormente classificá-las e analisá-las.

Na pesquisa qualitativa não é necessário métodos e técnicas estatísticas, o ambiente natural é a fonte direta para a coleta de informações e o pesquisador é o instrumento principal a interpretação dos acontecimentos e a atribuição de significados são fundamentais (Kauark, Manhães e Medeiros, 2010).

Referente às técnicas para recolha de dados, a observação não participante é aquela em que o observador permanece fora da realidade a ser analisada (Kauark, Manhães e Medeiros, 2010). Portanto, é o método de pesquisa no qual o pesquisador observa e descreve exatamente o que está sendo visto, não se envolvendo ou interferindo na situação (Mascarenhas, 2012).

Segundo Chase e Aquilano (1989), a recolha de dados é um processo de recolhimento dos fatos e informações disponíveis que serão utilizados quando houver necessidade. Este mesmo autor escreve que a recolha dos dados deve obedecer aos seguintes cuidados:

- Ter uma quantidade suficiente de dados;
- Os dados devem ser quantitativamente confiáveis;
- Os dados devem ser significativos para o processo de decisão.

CAPÍTULO 2

Revisão Bibliográfica

2.1 Logística

2.2 Cadeia de Abastecimento

2.3 Picking

2.4 Simulação

2. Revisão Bibliográfica

O presente capítulo como objetivo apresentar os conceitos descritos na literatura sobre os temas fundamentais, no qual esse trabalho será fundamentado, são eles: logística, picking e simulação.

2.1 Logística

Logística ou Gestão Logística é a parte da cadeia de abastecimento responsável por planejar, implementar e controlar o eficiente e eficaz fluxo e armazenagem dos bens, serviços e informações relacionadas ao ponto de origem ao ponto de consumo, a fim atender as necessidades dos clientes (Stock e Lambert 2001).

A logística tem funções diretas (transporte, armazenamento, entre outras) e indiretas (desenho de produtos, embalagens, seleção de fornecedores, entre outras) (Servera-Francés, 2010). Está envolvida nos três níveis de planejamento: estratégico, tático e operacional (Carvalho, 2010).

Servera-Francés (2010), afirmam que a partir dos anos 60 a logística começa a ser interpretada como uma função relevante dentro da gestão empresarial, podendo oferecer vantagens competitivas, mas é em meados dos anos 90 que essa importância se concretiza quando as empresas percebem a capacidade da logística em criar valor para os clientes. Atualmente, este valor gerado é responsabilidade de todos os agentes envolvidos na cadeia de abastecimento (fornecedores, fabricantes, distribuidores).

Bowersox et al. (2006) concluem que a logística é o trabalho exigido para mover e posicionar o inventário na cadeia de abastecimento, portanto, é um subconjunto que ocorre dentro da estrutura mais abrangente e gera valor a partir da configuração do tempo e do posicionamento do inventário. Por fim, a logística integrada serve para relacionar e sincronizar a cadeia de abastecimento geral enquanto um processo contínuo, sendo essencial para conectividade efetiva da cadeia de abastecimentos.

Na Figura 1 está apresentado um resumo da Gestão Logística e seus principais componentes, segundo os autores Stock e Lambert (2001).

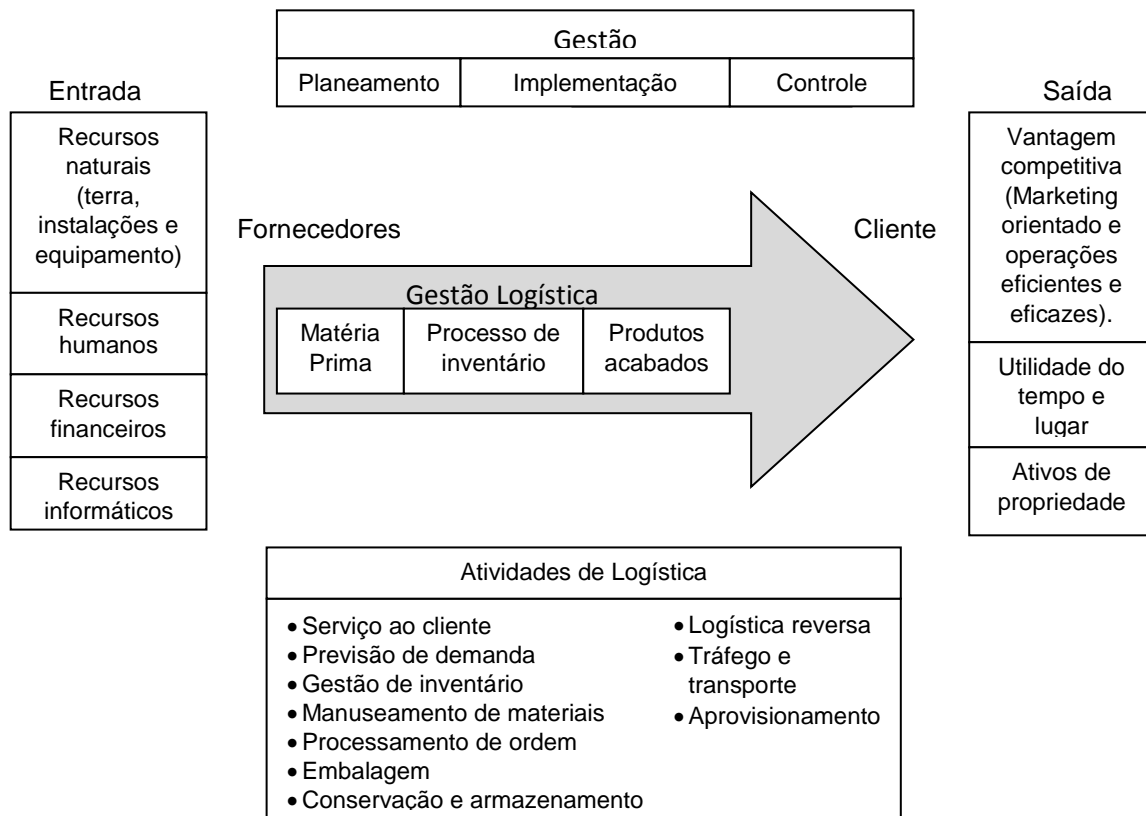


Figura 1 - Componentes da Gestão Logística.
Fonte: Stock e Lambert (2001).

2.2 Cadeia de abastecimento

A gestão da cadeia de abastecimento engloba empresas que colaboram para impulsionar o posicionamento estratégico e para melhorar a eficiência das operações. Para cada empresa envolvida, o relacionamento de cadeia de abastecimento reflete uma escolha estratégica. Uma estratégia da cadeia de abastecimento é um arranjo de canal baseado na dependência reconhecida e na gestão de relacionamento. As operações da cadeia de abastecimento exigem processos de gestão que atravessam áreas funcionais dentro das empresas individuais e conectam parceiros comerciais e clientes para além das fronteiras organizacionais (Bowersox, Gloss e Cooper, 2006).

Stock e Lambert (2001) definem a cadeia de abastecimento como uma rede de fornecedores, fabricantes, distribuidores, grossistas e retalhistas que suportam três fluxos: de materiais, de informações e financeiros. Segundo o autor, esta rede possui duas funções principais:

- 1) A função física de transformação, armazenagem e transporte.
- 2) A função de mediação entre oferta e fornecimento.

Portanto, trata-se da interação dos processos-chaves do negócio a partir do cliente final e atravessando toda a cadeia de fornecedores de produtos, serviços, bem como informações correlacionadas, fatores de agregação para clientes e para outras partes interessadas.

A primeira função apresentada por Stock e Lambert (2001) depara-se com o processo de *picking*, sendo este o responsável pela recolha de itens dentro do armazém, conforme será apresentado nas próximas seções.

2.3 Picking

Segundo Medeiros (1999) a atividade de picking é a recolha dos produtos, na quantidade correta, dentro de um determinado armazém para poder ser distribuído ao cliente. Para Ackerman (1990), o picking começa com a conversão do pedido do cliente em uma lista onde constam as localizações específicas para cada tipo de produto, a quantidade que deve ser recolhidos e a sequência de recolha dos mesmos. O operador viaja dentro do armazém, faz a recolha e o transporte do produto até o local de empacotamento e distribuição. Esse é o trabalho que ocupa mais tempo dentro de um armazém, além de ser responsável por mais de 50% dos custos operacionais de armazenagem (Tompkins et al., 2010).

Rushton et al. (2006) consideram que, em geral, o picking é um trabalho manual. Porém já existem ferramentas tecnológicas para melhorar a produtividade dos trabalhadores. Há casos em que o trabalho manual não é necessário, como por exemplo os armazéns automáticos, que podem funcionar perfeitamente sem interferência humana na área de armazenagem. Contudo, em casos de produtos que são armazenados em pequenas quantidades, o *picking* tende a ser uma operação manual com assistência de tecnologia (Đukić et al., 2010). Para esses casos é possível melhorar a eficiência da preparação de pedidos com as políticas operacionais apropriadas (De Koster et al., 2007).

Os estudos realizados nessa área concluíram que existem vários métodos para preparar uma ordem de *picking* tão eficientemente quanto possível, dependendo das especificações de cada caso (De Koster et al., 2007). O tempo de realização do *picking* pode ser dividido em três etapas: tempo de viagem para a procura e movimentação dos itens (*travelling time*), o tempo para recolher os itens (*picking time*) e o tempo para as atividades restantes, como por exemplo, o registro dos movimentos no sistema, etc. (De Koster et al., 2007). Portanto, existe um potencial para melhorar a eficiência da preparação de pedidos, reduzindo os tempos destas etapas.

Segundo a abordagem dos autores sobre o *picking*, é possível perceber que essa função tem ligação direta com o tempo. Algumas estratégias para reduzir o tempo nas operações de *picking* serão apresentadas a seguir.

2.3.1 Estratégia para a preparação de pedidos

Até os anos de 1990 a tarefa de picking era mais simples e não requeria tanta atenção, pois os produtos eram movimentados dentro do armazém em caixas e paletes. Conforme os anos foram passando o cenário económico alterou-se e as empresas tiveram que adotar estratégias para estar na frente da concorrência, como por exemplo o *just in time* e a redução no *lead time* dos pedidos. A globalização também teve influência sobre o processo de *picking*, como por exemplo as vendas

online, o que resultou em maior frequência de pedidos enviados, porém em menores quantidades. (Richards, 2011). Essas mudanças tornaram o *picking* uma função de grande importância para as organizações, exigindo das mesmas criar novos métodos e estratégias específicas para tentar minimizar o tempo na recolha dos itens e entrega-los o mais rápido possível para os clientes. A seguir são apresentadas algumas dessas estratégias.

2.3.1.1 Roteamento

O roteamento determina as sequências e rotas de viagem dos operadores dentro do armazém. Existem vários métodos de roteamento desenvolvidos e usados na prática, podendo ir desde o muito simples até aos mais complexos. O desempenho desses métodos depende das condições das operações específicas e do sistema em estudo devido (De Koster et al., 1999).

De Koster et al. (1999) realizaram um estudo de caso numa empresa de produtos eletrônicos chamada De Bijenkor, localizada em Woerden - Países Baixos. A empresa tem um armazém central que distribui produtos para várias lojas e o sistema de reposição de aprovisionamentos é puxado pelas vendas, ou seja, assim que um item é vendido emite-se a informação para o armazém da necessidade de reposição de estoque da loja. Porém, as lojas sofreram alterações no *layout* e utilizaram o espaço dedicado ao inventário da loja para exibir mais produtos aos clientes. Essa mudança criou uma pressão sobre o armazém, pois antes os produtos eram distribuídos duas vezes por semana e em grandes quantidades. Neste novo *layout* é necessário que o armazém consiga distribuir produtos, em pequenas quantidades, diariamente para as lojas. Contudo, para tentar encontrar uma solução para este novo cenário, foram feitas diversas simulações com várias estratégias diferentes de *picking* e os resultados foram satisfatórios. A aplicação do método de heurística combinada conseguiu atingir uma redução entre 17% a 34% no tempo das viagens, em relação ao método tradicional anterior.

Neste mesmo estudo de caso, foi ainda possível obter maiores reduções no tempo de viagens utilizando a heurística combinada com o método de agrupamento de pedidos (lote). Antes o operador recolhia um pedido por vez e colocava-o num espaço central do armazém. Com as ordens combinadas é possível recolher vários pedidos na mesma rota, reduzindo em média 60% do tempo de viagem, porém para isso foi necessário introduzir carrinhos de recolha para acomodar os produtos recolhidos nas estantes (De Koster et al., 1999).

Đukić et al. (2010) apresentam algumas estratégias de roteamento que podem ser utilizadas para tentar minimizar o tempo de viagem dos operadores na hora de recolher os itens nas prateleiras, são elas: rota em forma de S, rota de Retorno, rota do Ponto médio, rota do Maior Intervalo, rota Combinada e rota Otimizada.

A primeira estratégia de roteamento apresentada pelo autor diz respeito a uma forma de recolha em S (S-Shape) (Figura 1/Figura 2), na qual o operador de *picking* atravessa todo corredor que tenha um item a ser recolhido. Apenas os corredores que não tenha nada para recolher são ignorados. A

exceção é feita para o último corredor visitado se o número de corredores a visitar for ímpar. Nesse caso, o operador sai pelo mesmo corredor que entrou.

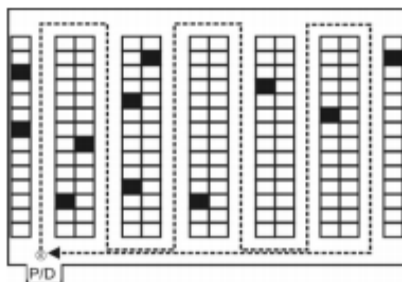


Figura 2 – Rota em forma de S.

A segunda rota apresentada é a de Retorno (Figura 3), que consiste no operador entrar e sair pela parte da frente dos corredores que contenha itens a serem recolhidos.

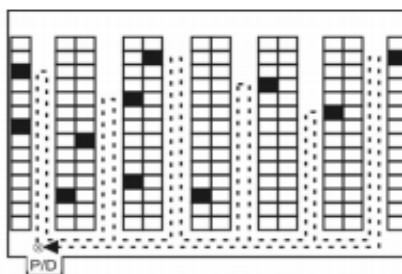


Figura 3 – Rota de retorno.

A rota do Ponto Médio (Figura 4) parece o método de Retorno dividido em duas metades do armazém, pois o operador vai, no máximo, até o ponto médio de um corredor. Apenas o primeiro e último corredor visitados são percorridos na totalidade.

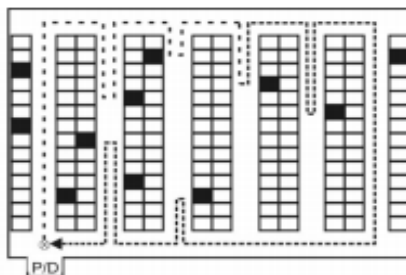


Figura 4 - Rota do ponto médio.

Similar à última heurística apresentada, na rota de Maior Intervalo (Figura 5) todos os corredores que contêm um único item a ser recolhido o operador entra e sai pelo mesmo lado do corredor, exceto no primeiro e último que são percorridos por inteiro. O intervalo representa a separação entre qualquer recolha adjacente entre a primeira recolha num corredor e o corredor da frente, ou entre a última recolha no corredor de trás. Se o intervalo for maior entre duas recolhas adjacentes, o operador executa uma rota de retorno entre ambas extremidades do corredor. Entretanto, a rota de retorno, seja da frente ou da parte de trás, é usada indistintamente. O maior intervalo é, portanto, a parte do corredor que o operador não atravessa. Đukić et al. (2010) afirmam que essa rota é mais complexa do que as três primeiras apresentadas.

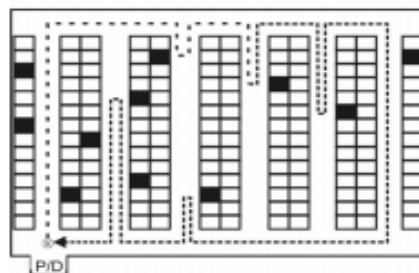


Figura 5 - Rota de maior intervalo.

Ainda é possível combinar duas estratégias de recolhas em somente uma rota. É o caso da rota Combinada (Figura 6). Nesta rota são utilizadas características da rota em S e a de Retorno, minimizando a distância de viagem entre as recolhas mais longas em dois corredores adjacentes para cada corredor individualmente. A decisão da rota de retorno para um corredor não depende apenas em diminuir o percurso naquele corredor, mas também num melhor ponto de início para o próximo corredor.

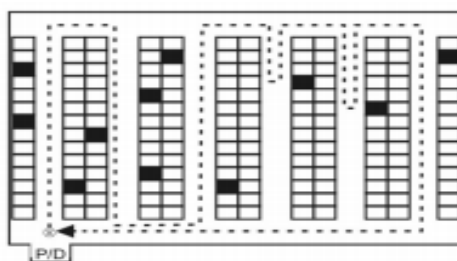


Figura 6 - Rota composta ou combinada.

Todas as políticas de roteamento descritas anteriormente, segundo as suas definições, têm algumas restrições para criar uma rota. Um algoritmo de otimização combinando teoria de gráficos e programação dinâmica resulta no caminho ideal, conforme a Figura 7.

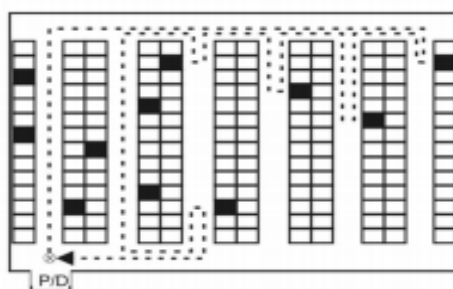


Figura 7 - Rota otimizada.

Escobar et al. (2005) escrevem que além das estratégias de roteamento apresentadas para diminuir o tempo na recolha dos itens armazenados, existem diversas tecnologias para dar suporte em termos de equipamentos e sistemas de informação que também podem ser utilizados para obter maiores níveis de precisão e produtividade. Porém, quando a preparação de pedidos envolve quantidades unitárias, a tendência é que não seja uma operação totalmente automática, mas sim manual com assistência das tecnologias disponíveis. Dessa forma, são utilizadas uma das estratégias mais conhecidas: o operador ir recolher os produtos nos corredores (*picker-to-parts*) ou o produto ir até o operador (*parts-to-picker*).

2.3.2 Picker-to-parts

De acordo com De Koster et al. (2007), *picker-to-parts* (Figura 8) consiste no operário caminhar ou dirigir um equipamento de recolha em direção a um item armazenado para recolhê-lo. Existem dois tipos de *picker-to-parts* diferentes, o de alto nível e o de baixo nível:

- 1) Alto nível: acontece quando o operário faz o percurso a bordo de equipamentos que param automaticamente nas localizações indicadas à espera de serem recolhidos os itens correspondentes
- 2) Baixo nível: é quando o operário recolhe as quantidades requeridas nos locais onde os itens estão armazenados, percorrendo a rota com uma caixa ou carrinho de mão.



Figura 8 – *Picker-to-parts*.

Dentro do sistema de *picker-to-parts* existem várias estratégias que podem ser escolhidas de acordo com as características da operação. A seguir serão apresentados os mais conhecidos.

2.3.2.1 *Picking discreto*

No *picking* discreto um único trabalhador recolhe todos os itens necessários para cumprir um pedido do cliente e não recolhe outros itens até que esse pedido esteja completo. Este método de recolha de pedidos é comumente usado porque é simples e fiável, uma vez que um operador precisa gerir apenas um pedido por vez. Além disso, os itens são recolhidos rapidamente após a recepção do pedido, sem ser necessário esperar acumular com pedidos. A principal desvantagem de *picking* discreto é o fato do operador ter que caminhar dentro do armazém várias vezes para atender pedidos individuais, o que diminui a sua produtividade. No entanto, várias ordens de clientes podem ser combinadas num lote (*lote picking*) para ajudar a melhorar a produtividade (Eisenstein, 2008).

2.3.2.2 *Picking por lote*

Este método é utilizado principalmente para pequenas encomendas. Consiste em recolher numa única viagem, a quantidade total de cada artigo (Rushton et al., 2010). Stock e Lambert (2001)

descrevem que as listas dos lotes contêm a quantidade total de cada *Stock Keeping Unit* (SKU), portanto o operador recolhe todos eles e leva-os para uma área de preparação, onde é separado em encomendas individuais.

Basicamente o operador espera o acúmulo do número de requisições de materiais. Em seguida, são observados os produtos comuns entre as listas. A principal vantagem de escolher este método é reduzido o tempo de viagem, o que aumenta a produtividade. De acordo com Frazelle e Apple (1994), esta estratégia resulta em menos tempo de viagem por produto, no entanto, a integridade do pedido é perdida e os erros potenciais aumentam, sendo necessário espaço para a consolidação de pedidos.

2.3.2.3 *Picking por zona*

Nesta estratégia, as áreas de armazenagem são divididas em zonas. Cada zona possui determinados produtos e cada operador está relacionado com uma dessas zonas (Sharp et. al., 1991).

Lamberts (2008) também afirma que essa estratégia consiste em dividir a área inteira de *picking* em um número de áreas menores (ou zonas) com um ou mais operadores atribuídos a cada zona para recolher os itens necessários. As principais vantagens do *picking* por zona incluem a familiaridade de cada operador com sua zona, encurtamento da distância de viagem (devido à menor área percorrida), redução no congestionamento e a facilidade de administração e controle dos itens armazenados por parte dos operadores.

2.3.2.4 *Picking por onda*

Método similar ao *picking* discreto, no *picking* por onda o operador é responsável por um tipo de produto por vez, porém todos os operadores começam a recolha simultaneamente criando uma “onda” de recolha de itens nos corredores. Geralmente, este tipo de procedimento é utilizado para coordenar as funções de separação e expedição (Rodrigues, 1999)

2.3.3 *Parts-to-picker*

O método *parts-to-picker* inclui sistemas automatizados de armazenamento e recolha de produtos que recolhem uma ou mais cargas unitárias (caixas ou paletes) e transporta até a área de embalagem expedição. Portanto, trata-se de um sistema diferente do anterior, pois ao invés do operador se deslocar até os itens para recolhe-los, os itens que se movem até o operador (Eisenstein et al., 2008).

Os dois sistemas de *parts-to-picker* mais populares são carrosséis e Sistemas de Armazenamento e Recolha Automáticos (AS/RS). Um carrossel consiste num número de compartimentos e prateleiras que giram horizontalmente (Figura 9) ou verticalmente. É ideal para o armazenamento de itens pequenos. O controlo do carrossel pode ser manual pelo preparador de pedido ou automático. O AS/ RS usam sistemas automáticos que percorrem, na vertical ou horizontal,

simultaneamente num corredor dentro do armazém, transportando um recipiente com os itens armazenados para uma estação de *picking* localizada no final do corredor. Na estação de *picking*, o preparador de pedidos leva o número necessário de itens, e o restante que sobrou no recipiente é transportado novamente para a sua localização de armazenamento (Lamberts, 2008).



Figura 9 – Parts-to-picker (Carrossel vertical).

2.3.3.1 Resumo das estratégias de picking

A revisão bibliográfica apresentada revelou as principais estratégias utilizadas na recolha e movimentação de materiais (*picking*). As mais conhecidas classificam-se em *picking* discreto, *picking* por lote, *picking* por zona e *picking* por onda. Contudo, é comum a combinação entre elas de modo a se obter uma estratégia específica para cada cenário. Em geral, cada estratégia está relacionada à localização e disposição dos produtos no armazém, ao número de requisições por turno de trabalho, ao número de operadores para cada requisição, à semelhança dos itens, etc (Aguilar, 2005).

2.3.4 “Boas práticas” para o picking

De acordo com Medeiros (1999), para melhorar o sistema de *picking*, independentemente do volume, tamanho, tipos de inventário, métodos para controle das operações do armazém e necessidades dos consumidores, é necessário adotar algumas medidas (boas práticas) em todo o processo que envolve o *picking*. São elas:

Verificar produtos de maior rotação: A primeira medida refere-se à identificação dos produtos com maior rotação dentro do armazém. É possível fazer essa análise classificando os produtos em A, B ou C. Quando 20% dos produtos correspondem a 80% da movimentação em um armazém, são considerados produtos de alto volume e classificam-se como produtos A. 35% dos produtos que correspondem aproximadamente 15% da movimentação, são considerados de médio volume e são classificados como B. Os restantes 45% dos produtos que correspondem a 5% da movimentação

são considerados de baixo volume e classificados como produtos C. Courtois et al. (2006) afirmam que este tipo de classificação é fundamental para uma empresa que movimenta várias referências, pois dessa forma consegue condicionar o tipo de gestão que se vai aplicar a cada uma delas.

Pode-se concluir, portanto, que a classificação ABC tem como objetivo organizar os itens dentro do armazém, os produtos com maior movimentação devem ficar nas posições de mais fácil acesso para expedição e abastecimento, e assim por diante.

Manter um eficiente sistema de localização: Para poder colocar em prática a medida anterior é necessário um sistema de localização de produtos muito acurado. Além disso, com a padronização de endereços para a localização dos itens e a utilização de tecnologias que aceleram a identificação das localizações, é possível reduzir o tempo de procura por um item consideravelmente.

Evitar contagem de produtos durante a recolha: A contagem de produtos aumenta substancialmente o tempo do *picking*. Isto pode ser evitado com soluções simples, como por exemplo, agrupar itens em embalagens. Nesse caso, quando o operador separar 1000 unidades de um determinado produto e estiverem em embalagens de 1000 unidades, facilitará o seu trabalho. Além disso, ajudará a eliminar erros na separação.

Deve-se avaliar o operador: Com o intuito de evitar erros, produtos incorretos ou quantidades incorretas de produtos, o operador deve ser avaliado pela correta separação dos pedidos. O seu trabalho deve ser mensurado e qualquer desvio em torno de uma meta aceitável deve ser analisado, identificando se a causa está no sistema ou no operador.

Eliminar documentos em papel: Os documentos em papel atrasam o *picking*, pois as informações devem ser lidas, interpretadas e comparadas com algum tipo de sistema de controlo, o que resulta em erros constantes. Além disso, documentos em papéis limitam o trabalho do operador durante a recolha, o que pode diminuir a sua produtividade. Existem tecnologias acessíveis como os leitores de código de barras, sistemas de reconhecimento de voz e terminais de rádio frequência que reduzem e podem até mesmo eliminar o fluxo de papéis nas operações.

Agrupar itens de um pedido de acordo com as configurações físicas: Cada pedido, enviado para ser feito o *picking*, deve ser configurado de acordo com as localizações dos produtos, portanto as ordens *picking* devem ser montadas de forma a diminuir a movimentação do operador, além de observar a proximidade de produtos.

Informações claras e de fácil interpretação: Um documento de *picking* deve fornecer instruções específicas para o operador, de modo a facilitar a atividade de recolha de produtos. Deve conter apenas as informações relevantes: localização do produto, descrição e quantidade requerida. Além disso, tais informações devem ser interativas e de fácil interpretação. Equipamentos como código de barras, leitores óticos, reduzem o tempo de procura e melhoram o fluxo de informação.

Conforme descrito anteriormente, existem várias tecnologias disponíveis para auxiliar na redução de tempo na recolha dos pedidos. A seguir serão apresentadas algumas dessas tecnologias, com um enfoque maior nos leitores de códigos de barra, que se enquadram melhor no processo de *picking* da empresa estudada.

2.3.5 Tecnologias para a realização do *picking*

Métodos tradicionais na recolha de itens implicam problemas comuns associados à ineficiência no *picking*, principalmente por causa dos erros nos SKUs preparados e mix de lotes de itens. Outro problema comum que acontece em vários armazéns é a necessidade do operador se deslocar até os locais onde se encontram as listas de pedidos e posteriormente recolher os itens nas prateleiras (Escobar et al., 2015).

Nissar e Vieira (2014) afirmam que o controle quando é realizado manualmente, diversos problemas e distúrbios podem acontecer, acarretando falhas nos registros e faltas de informações que não são levadas adequadamente, ou em tempo hábil, às empresas.

Bragg (2004) e Đukić et.al. (2010) expõem algumas tecnologias de informação que têm como característica, não fazer uso de listas impressas em papéis para orientar os operadores durante o *picking*.

Dentre as principais tecnologias que são utilizadas atualmente, estão os leitores por rádio frequência (RF *scanning*), *picking* por luz, *picking* por voz, *pick by vision* e RFID.

2.3.5.1 RF *scanning*

O RF *scanning* é um equipamento padronizado de manuseio de materiais, controlado pela tecnologia da informação ligada ao *Warehouse Management System* (WMS) por rádio frequência ou sinal wireless. Com esta tecnologia o operador deixa de seguir instruções por escrito ou lista gerada pelo computador e passa a receber as informações diretamente no equipamento de RF (Bowersox, Gloss e Coop, 2006).

Os equipamentos de RF podem ser conduzidos pelos operadores (Figura 10) ou montados no computador dos próprios equipamentos móveis, como por exemplo, os empilhadores. As ordens lidas pelos leitores de RF são ligadas a um terminal WMS, eliminando a necessidade de levantar as listas de recolha impressas. (Đukić et al., 2010).



Figura 10 - Leitor de códigos de barras.

Segundo Bragg (2004) esta tecnologia tem como vantagens ser a opção com menor custo em comparação as outras tecnologias, as informações são passadas em tempo real e de forma automática e tem uma eficiência comprovada de 99,9%.

Đukić et al. (2010), afirmam que o nível de precisão dos leitores de códigos de barras é de 99,90% e o ganho de produtividade, comparado com o método utilizando papel, é de 15%. De Koster et al. (1999) ainda afirmam que além das economias adquiridas com as estratégias de heurística combina e recolha por lote, é possível obter uma maior redução do tempo de *picking* utilizando leitores de códigos de barras. Isso também eliminaria o processo de conferência e confirmação da ordem.

2.3.5.2 *Picking por luz*

Segundo Bowersox et al. (2006) no sistema de *picking* por luz, os operadores recolhem itens de um determinado pedido diretamente nas caixas ou esteiras dos recetáculos ou locais de um carrossel com luz. Quando o preparador insere o número da ordem ou o passa por um leitor de código de barras, são ligados os sensores onde se encontram as unidades a ser recolhidas e os ecrãs exibem as quantidades a ser preparadas (Bragg, 2004).

Uma variação no sistema de *picking* por luz é o sistema colocação por luz. Neste caso, o processo torna-se ainda mais intuitivo, pois o operador coloca os produtos nos contentores indicados por uma luz, cada contentor ou caixote é designado a um pedido ou cliente específico, assim a luz indica qual cliente deverá receber determinado produto (Bowersox, Gloss e Cooper, 2006).

O sistema de colocação por luz é, segundo Bragg (2004), uma variação do *picking* por luz. No sistema de *picking* por luz, os SKU possuem uma localização fixa (ex. prateleiras) e os sinais são montados nessas localizações para indicar as quantidades a serem recolhidas. Entretanto, no sistema de colocação por luz, os sinais são instalados em outras localizações e os SKU são movimentados até estas instalações para o *picking*. Desta forma o sistema de *picking* por luz é “alimentado” para a separação dos itens para os pedidos, enquanto o sistema de coleta por luz indica a quantidade a separar nas localizações fixas dos SKUs.

Đukić et.al. (2010), afirmam que o nível de precisão do *picking* por luz é de 99,90% e o ganho de produtividade, comparado com o método utilizando papel, é de 40%.

2.3.5.3 *Picking por voz*

De acordo com Bowersox et al. (2006), o *picking* por voz possibilita realizar todas as operações de separação por meio de comandos de voz, eliminando assim, papel, listas e o rádio de identificação por frequência. Essa tecnologia pode ser utilizada em quase todos os processos dentro do armazém, a partir do momento em que o produto é recebido até a expedição do mesmo.

Bragg (2004) corrobora com a afirmação anterior escrevendo que o *picking* por voz se trata de um dispositivo auricular com microfone ligado a um processador de mãos livres que fica na cintura do

operador. O dispositivo comunica em tempo real com o computador por meio de rádio frequência. O computador comunica as listas de pedido ao dispositivo que transforma os dados recebidos em sinal sonoro. O operador responde ao dispositivo pelo microfone, enviando novamente informação ao computador e transformando novamente o sinal de voz em informação eletrônica.

Azanha et al. (2016) explicam que esta tecnologia também permite que os operadores executem a tarefa de recolha praticamente sem nenhum atraso, enquanto a interpretação da informação visual normalmente requer maior esforço e tempo adicional. Esta tecnologia minimiza o esforço administrativo no processo de recolha e mantém comunicação constante com o WMS. A integração com o WMS é outra grande vantagem, pois atualiza as informações de inventário em tempo real. Outro ponto favorável é a formação necessária para a tecnologia, que é relativamente simples e rápida. Por outro lado, existem desvantagens tais como o custo e a manutenção do equipamento e o fato da interação com o sistema de voz pode ser prejudicada em ambientes com ruídos.

Đukić et.al. (2010), afirmam que o nível de precisão do *picking* por voz é de 99,99% e o ganho de produtividade, comparado com o método utilizando papel, é de 25%.

2.3.5.4 *Pick by vision*

Uma das mais recentes tecnologias a ser utilizada na logística refere-se aos óculos que guiam os operadores dentro do armazém em todo o processo de *picking*. Os óculos são equipados com *displays* que exibem informação virtual como símbolos e setas no campo visual do operador (Reif e Günthner, 2009).

Na opinião de Reif e Günthner (2009), comparado com outras tecnologias, como o *picking* por luz ou *picking* por voz, o *pick by vision* proporciona maior precisão e adaptabilidade para a utilização dos operadores. De qualquer forma, todos estes sistemas permitem que os operadores trabalhem com as mãos livres.

2.3.5.5 *RFID*

De acordo com Nissar e Vieira (2014), RFID é uma sigla utilizada para *Radio Frequency Identification*. A tecnologia surgiu a partir da década de 1980 e funciona como uma rede de identificação por rádio frequência, com alcance de distâncias variáveis, dependendo do chip utilizado. A comunicação ocorre através de uma etiqueta com chip RFID, enviando sinais a um leitor específico.

RFID pode ser definida como uma tecnologia de identificação que utiliza a rádio frequência para o intercâmbio de dados, permitindo realizar remotamente o armazenamento e recuperação de informações usando um dispositivo chamado de etiqueta de rádio identificação, um pequeno objeto que pode ser afixado ou incorporado em um produto, ou até num ser vivo (Stanton, 2004). Espinal et al. (2010) escrevem que a RFID utiliza ondas de rádio para identificar produtos de forma automática. Esta tecnologia envolve etiquetas que emitem sinais de rádio para dispositivos de

leituras encarregados por recolher estes sinais. Com estas etiquetas é possível administrar, identificar e rastrear os produtos.

Nissar e Vieira (2014) apresentam dois modos de funcionamento de uma etiqueta RFID, o modo ativo e o modo passivo.

- Ativo: uma etiqueta ativa possui uma fonte de alimentação através de uma bateria e é capaz de enviar dados a um leitor por conta própria.
- Passivo: neste modo, não há bateria e a corrente é fornecida pelo leitor. Uma etiqueta RFID passiva possui um alcance de leitura com uma distância menor em relação a uma etiqueta ativa

Em Portugal, essa tecnologia é utilizada desde 1991 no sistema de cobrança de portagens, chamado de Via Verde, desenvolvida por investigadores nacionais e implementada nas autoestradas portuguesas (Carvalho et al., 2012).

Referente à utilização de RFID na logística, esta tecnologia possui diferentes objetivos e funcionalidades para as empresas, com o intuito de oferecer suporte ao sistema de informação. Encontram-se aplicações de RFID para controle de inventários, identificação de cargas e contentores, monitoramento e rastreamento no transporte, transferências de dados entre os participantes da cadeia de abastecimento, entre outros. Portanto, a RFID pode ser aplicado na logística em diversificados momentos do processo (Nissar e Vieira, 2014).

Segundo Escobar et al. (2015) para investir em uma das tecnologias apresentadas, é necessário fazer uma revisão no *desing* do sistema de preparação de pedidos para que os benefícios da implementação seja os maiores possíveis. Porém, existe pouca bibliografia que auxiliam na tomada de decisão para a seleção da tecnologia mais adequada. Contudo, os autores ressaltam que o desempenho de cada uma das estratégias dependerá principalmente da dimensão e *layout* do armazém, do tamanho e características das encomendas e a capacidade do sistema de *picking*.

Pode-se medir os ganhos produtivos com o uso das estratégias e tecnologias no *picking* citados nas sessões anteriores sem necessariamente implementá-las. Para isso, existem várias ferramentas de simulação que podem auxiliar em estudos de cenários futuros. Em seguida, serão expostos alguns conceitos de simulação para comprovar essa afirmação.

2.4 Simulação

A simulação é uma ferramenta de apoio à gestão na tomada de decisão, sendo possível projetar e analisar o desempenho de sistemas e processos complexos através da construção de um modelo que representa um cenário real (Anderson e Olsson, 1998). Além disso, esta ferramenta permite a realização de experiência com o modelo criado para conhecer melhor o seu comportamento e avaliar o impacto de estratégias alternativas de operações (Shannon, 1998).

Segundo Freitas (2001), a simulação é basicamente a utilização de determinadas técnicas matemáticas, empregadas em computadores digitais, que possibilitam copiar o funcionamento de

quase todos os tipos de operações ou sistemas do mundo real. De acordo com Chase e Aquilano (1989), a simulação imita o funcionamento de um sistema ou processo através do funcionamento de outro. Para Prado (2006) trata-se de uma técnica para solucionar um problema por meio da análise de um modelo que descreve o comportamento de um sistema usando um computador digital.

Apesar da nomenclatura simulação ter vários significados, dependendo da sua aplicação, no mundo empresarial refere-se geralmente à utilização de um computador digital para realizar experiência em algum modelo do sistema real. Estas experiências podem ser realizadas antes do sistema real estar pronto, com o intuito de ajudar na sua concepção e verificar como o sistema irá reagir às modificações nas suas regras de operações e estruturas (Chase e Aquilano, 1989).

A lista seguinte apresenta as vantagens e desvantagens da simulação segundo Chase e Aquilano (1989):

Vantagens

- O desenvolvimento do modelo de um sistema conduz frequentemente a uma melhor concepção do cenário real.
- Anos de experiências que demoram no sistema real podem ser compridos em segundos ou minutos em uma simulação.
- A simulação não atrapalha as atividades em andamento do sistema real.
- É amplamente mais geral do que os modelos matemáticos e pode ser utilizada quando as condições não são adequadas para a análise matemática convencional.
- Simulação pode ser usada como um “jogo” para experiências de formação.
- Apresenta uma réplica mais realista de um sistema do que a análise matemática.
- A simulação pode ser utilizada para analisar condições transientes enquanto as técnicas matemáticas normalmente não podem.
- Existem muitos modelos padrão disponíveis em “*package*” informático cobrindo vários assuntos.
- A simulação responde a questões do tipo: e se?

Desvantagens:

- Apesar de ser gasto muito tempo e esforço para desenvolver um modelo de simulação, não há alguma garantia que o modelo dará, realmente, boas soluções.
- Não é possível provar que o desempenho de um modelo é completamente fiável. A simulação envolve numerosas repetições de sequências que são baseadas em ocorrências geradas aleatoriamente.
- O desenvolvimento de um modelo de simulação pode levar de 1 hora a 100 anos de trabalho dependendo do sistema a simular. Os sistemas complicados podem ser dispendiosos e demorar muito tempo.
- Pode ser necessária uma quantidade expressiva de experiência e conhecimento em computador para executar modelos complexos.

- A técnica de simulação, apesar de apresentar alguns progressos, necessita ainda de uma abordagem padronizada. Assim, modelos do mesmo sistema, construídos por indivíduos diferentes, pode diferir largamente.

A partir dos anos 90, pequenas empresas começaram a utilizar a simulação computacional e perceberam os benefícios que poderiam existir. Com o passar do tempo as melhorias nas animações, facilidade de manuseio, interatividade com o usuário, computadores mais rápidos, flexibilidade e integração com outras aplicações fizeram dos softwares de simulação uma ferramenta indispensável para várias organizações (Kelton et al. 2002).

Na Figura 11 está apresentado um fluxograma das principais fases da execução de um estudo de simulação:

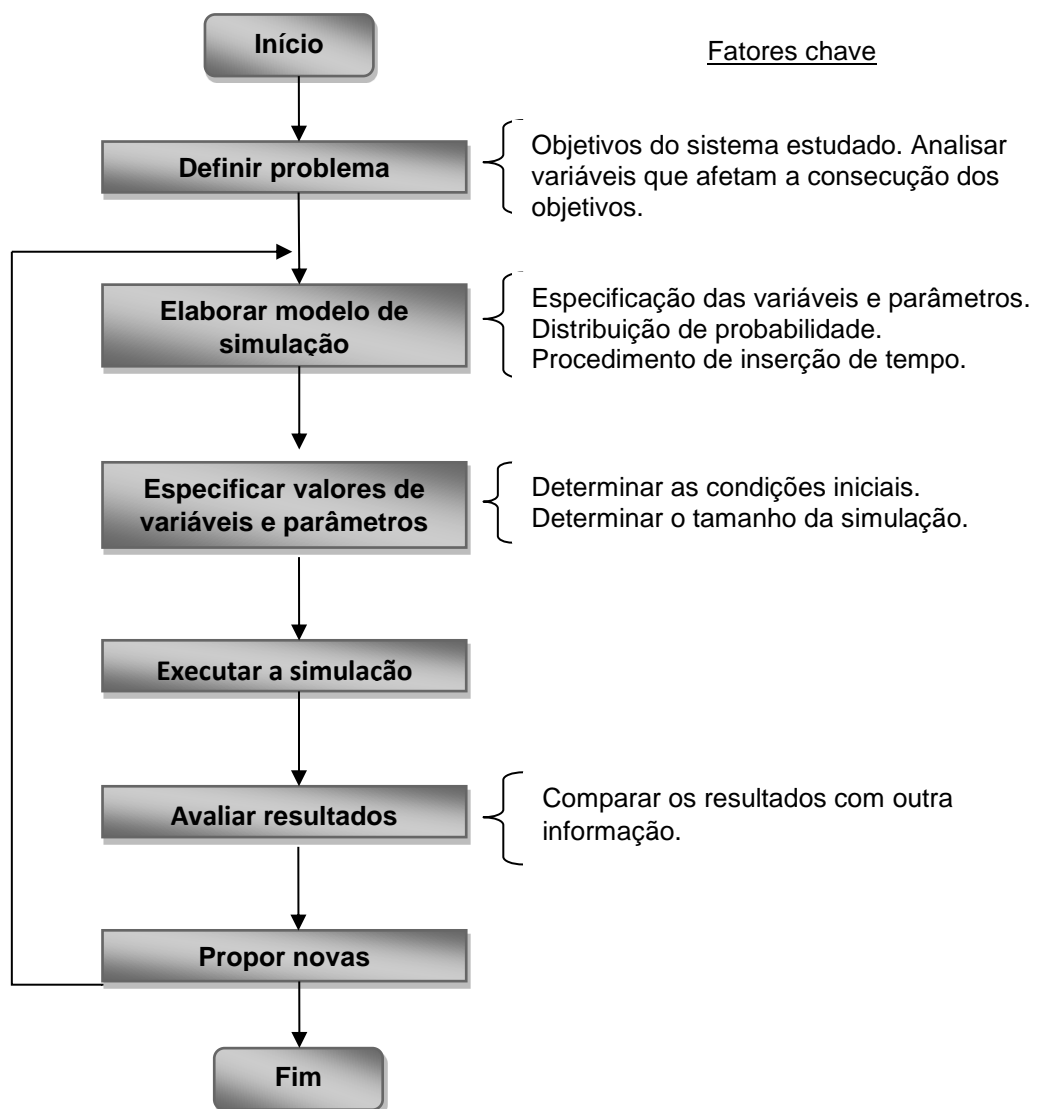


Figura 11 - Fases principais num estudo de simulação.
 Fonte: Chase e Aquilano (1989).

Relativamente ao uso da simulação na logística, Alfieri e Brandimarte (1997) relatam a importância dos modelos de simulação em estudos de cadeia de abastecimento, integrando os meios de transporte, a quantidade de procura de um item, entre outros. Schunk e Plott (2000) ainda afirmam que a simulação é uma das melhores ferramentas para conduzir os estudos em cadeias de abastecimento.

Em um cenário econômico cada vez mais volátil, no qual as empresas tem que planejar a curto prazo e serem flexíveis constantemente, a simulação serve para diminuir os riscos na tomada de decisão e analisar atuais e futuros cenários. Vários trabalhos de simulação já foram feitos desde os anos 90, algum deles exemplificados nos próximos parágrafos.

Trone et al. (2000) desenvolveram um modelo de simulação para analisar os impactos da limitação de recursos no processamento, transporte e remoção de resíduos radioativos localizados em vários lugares dos Estados Unidos da América (EUA) para o *Wast Isotation Pilot Plant (EUA)*. O software utilizado foi o Extend (Imagine That, Inc.).

Díaz e Pérez (2000) utilizaram um *software* de simulação, Arena (Rockwell *software*), para analisar gargalos na complexa operação logística de colheita de cana-de-açúcar em uma das maiores empresas mundial produtoras de açúcar. O intuito deste estudo foi encontrar as causas dos gargalos, principalmente no transporte da cana.

Shih e José (2007) criaram um modelo de simulação no *software* Arena do centro de distribuição de peças de uma empresa do ramo automotivo, para geração de informações relacionadas ao deslocamento dos funcionários nos corredores. A execução dessa simulação representou adequadamente o sistema real, o conjunto de resultados geraram análises e informações que auxiliaram os gestores na tomada de decisão em diversos fatores que afetam o processo de *picking*.

Hugan (2001) utilizou o *software* *Auto Mod* (Brooks Automation) para realizar uma simulação de análise de tráfego interno em uma planta da empresa *General Motors*, nos Estados Unidos da América. A simulação permitiu obter a melhor rota interna para cada tipo de produto entregue, estimar o tempo médio gasto por cada tipo de item e o número de recursos necessários para suportar o recebimento de materiais.

O *software* utilizado nesse trabalho é o Arena da empresa Rockwell *Software*. Essa ferramenta apresenta um ambiente gráfico integrado de simulação de forma interativa e flexível (Kelton et al. 2002).

O Arena é composto por módulos e quando são interligados entre si, na região denominada como área de trabalho, permite que as entidades percorram entre eles (Banks et al., 1984).

Kelton et al. (2002) escreve que o Arena disponibiliza uma grande variedade de modelos e proporciona dados estatísticos, que geralmente, constituem informações importantes para conduzir

com sucesso o projeto de simulação. Além disso, este mesmo autor ainda apresenta algumas características deste *software*:

- Não é necessário escrever nenhuma linha de código no *software* ARENA, pois todo o processo de criação do modelo de simulação é gráfico e visual, e de maneira integrada.
- Contém todos os recursos para modelagem de processos, desenho e animação, análise estatística e análise de resultados. Utilizando *templates*, o *software* ARENA pode ser transformado facilmente em um simulador, específico para transporte, manufatura, entre outros.
- A modelagem é feita visualmente com objetivo orientado para a simulação com o auxílio do rato, não sendo necessário digitar comandos na programação.

Antes de construir o modelo de simulação é necessário fazer a recolha de dados, sejam eles quantitativos ou qualitativos. A próxima secção tem por objetivo, de acordo com alguns autores, compreender as principais características que envolvem os tipos de pesquisas e os procedimentos de recolha de dados.

CAPÍTULO 3

Caso de estudo

3.1 Caracterização da empresa

3.2 Processamento de pedidos

3.3 Situação atual do armazém

3.4 Processo de *picking*

3. Caso de estudo

Este capítulo tem como objetivo apresentar o sistema de logística interna da empresa MCoutinho Peças para Automóveis. A primeira parte diz respeito à apresentação da empresa, suas características e negócios. Em seguida, será exposto o fluxo da entrada do pedido na empresa até a expedição para o cliente, a situação atual do armazém e por fim será explicado como funciona o processo de *picking* no armazém.

3.1 Caracterização da empresa

A MCoutinho Peças surgiu em 1999 como um projeto inovador na distribuição de peças para automóveis em Portugal. Atualmente, a MCoutinho representa e distribui peças originais de 26 marcas de automóveis (Figura 12) para oficinas espalhada em todo o país, cobrindo 95% do parque automóvel e movimentando cerca de 100.000 linhas mensais.



Figura 12 – Marcas representada pela MCoutinho.

Em 2009, foi inaugurado, no distrito de Lisboa, o segundo Centro Logístico reforçando as operações de distribuição, até então concentradas no Porto. Essa estratégia em operar através de dois centros de armazenagem e distribuição foi adotada para alargar a cobertura de clientes em todo o país.

A empresa conta com 27 veículos dedicados exclusivamente à distribuição de peças, o que permite realizar entregas tri-diárias para o Porto, bi-diárias para os distritos de Bragança, Vila Real, Braga, Aveiro, Coimbra, Leiria, Santarém e Setúbal e entregas em 24h para o restante país continental. A quantidade de entregas realizadas ronda cerca de 15.000 mensais.

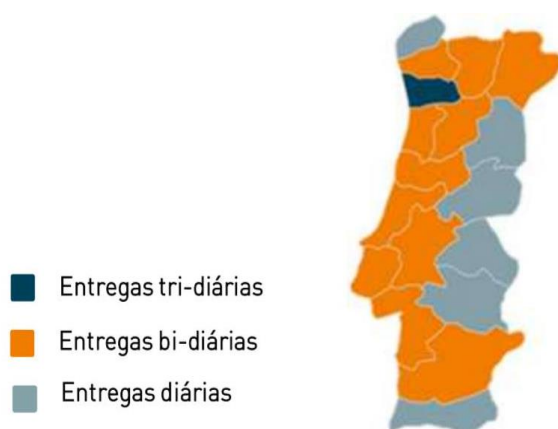


Figura 13 - Modalidade de entrega MCoutinho.

3.2 Processamento de pedidos

Os pedidos dos clientes são recebidos, na maioria, por telefone (*Call Center*). Existem outras formas de comunicação como o email, skype e o portal web, porém ainda são pouco utilizadas pelos clientes.

O *Call Center* é composto por 1 supervisor, 27 atendentes. Todos os trabalhos do *Call Center* são divididos em grupos pequenos especializados numa marca. Portanto, o cliente pode ligar direto para os atendentes de cada marca ou ligar no atendente central para ser encaminhado para a marca que deseja contatar.

Quando o cliente solicita uma peça para os atendentes, os mesmos verificam no sistema de informação integrado ERP (*Enterprise Resource Planning*) se há inventário suficiente para o pedido. Quando tem a peça em armazém, o pedido é confirmado e passa para o armazém via sistema. Os operadores verificam os pedidos no sistema, fazem a impressão com a referência, nome e quantidade da peça e agrupam com outros pedidos da mesma zona dentro do armazém para otimizar a rota. Quando não tem inventário, o cliente é informado no momento em que está fazendo o pedido, se o mesmo aceitar aguardar o prazo de entrega do fornecedor e confirmar o pedido, o atendente lança no sistema um pedido urgente para o departamento de compras e esse material quando chegar não é armazenado e vai direto para expedição.

Quando o *call center* confirma o pedido do cliente, o operador do armazém já consegue visualizar este pedido no sistema (Figura 14). O ecrã para impressão das fichas contém todos os pedidos de forma aleatória, cabe ao operador fazer a impressão e agrupar todos os pedidos da mesma rota em caixas distintas. Cada ordem de *picking* contém um pedido, portanto, se a empresa recebe em torno de 15.000 pedidos mensais, são 15.000 folhas impressas para a realização do *picking*. Além disso, o processo de conferência, após separar todos os materiais dos pedidos, é umas das principais causas de ineficiências do processo de *picking*.



Figura 14 - Impressão e organização das ordens *picking*

O fluxograma da Figura 15 representa como deve ser o processo realizado na recolha e separação das peças, porém na maioria das vezes todos os pedidos são agrupados e recolhidos de forma aleatória e posteriormente é feita uma nova separação, onde as peças de um pedido são agrupadas e destinadas para o caminhão correspondente.

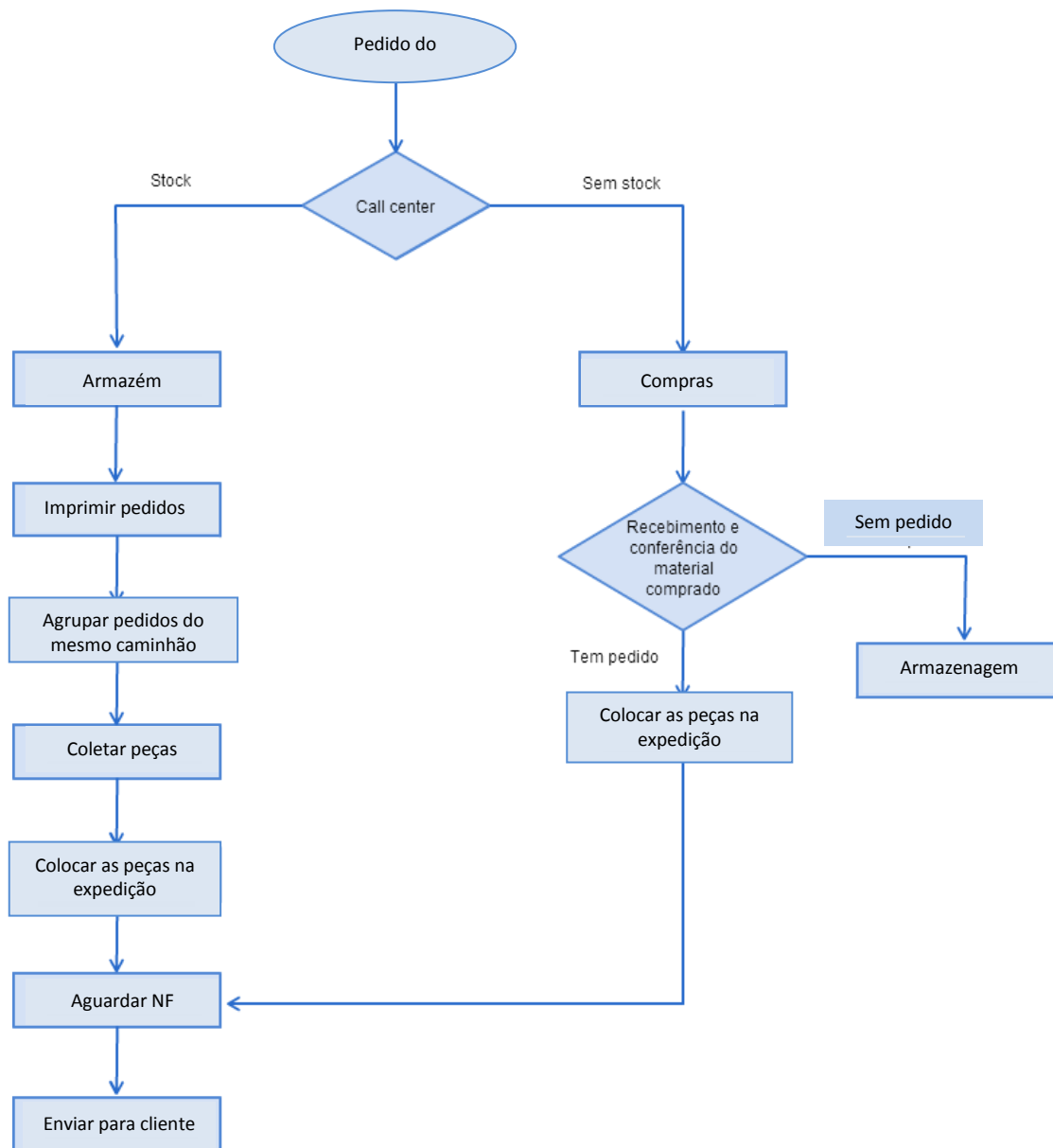


Figura 15 - Fluxograma de processamento do pedido na MCoutinho.

3.3 Situação atual do armazém

Os itens estão agrupados dentro do armazém de acordo com a interligação da venda dos produtos, ou seja, quando se vende produto A tem grande possibilidade de vender também o produto B. Porém, o layout do armazém atual não é totalmente eficiente, pois os produtos que mais vendem deveriam estar mais próximo da expedição e dos operadores que realização do *picking*.

A identificação das peças dentro do armazém não segue um padrão, algumas localizações tem imãs com o código de barra, outras com o código da peça escrito nas estantes. Além disso, existem vários compartimentos pequenos que não possuem identificação e outros com mais de uma por motivos de trocas de referências de peças, isso atrapalha o trabalho do operador no momento que está a realizar o *picking*, havendo um desperdício de tempo no processo.

Em alguns corredores não é possível utilizar nenhum tipo de veículo de suporte para recolher as peças. O operador recolhe o material com uma das mãos, a outra mão leva a lista de itens impressa e a caneta para fazer a conferência. Isso inviabiliza o operador de recolher vários itens de um pedido no mesmo corredor ou corredores próximos.

O armazém do Porto (Figura 16) tem 2.000 m² e todos os corredores estão posicionados no mesmo sentido e dividido de acordo com o tamanho e peso das peças. Os corredores mais estreitos estão armazenados as peças pequenas e leves, os mais largos estão as peças maiores e mais pesadas.

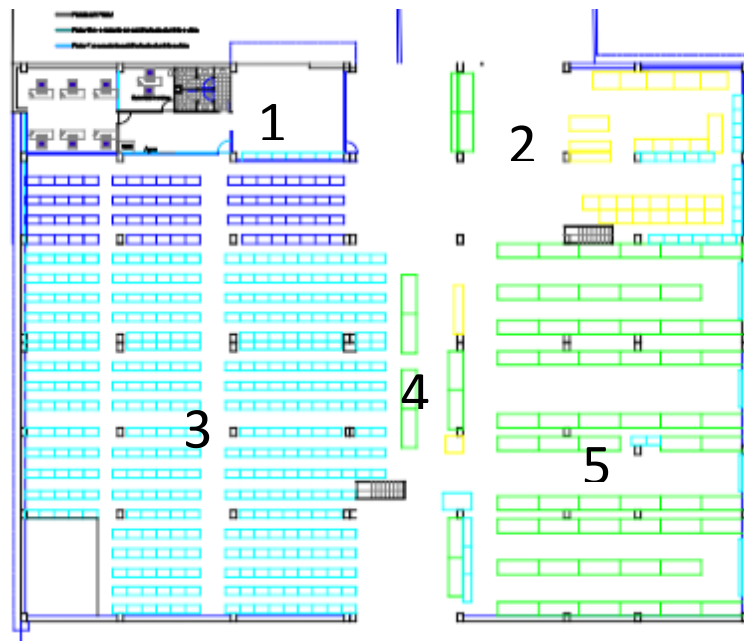


Figura 16 - Layout do armazém.

- 1 Escritório administrativo – na entrada principal do armazém está o escritório, onde são processadas as notas fiscais entre outros serviços. Existe também um balcão de venda direta de peças ao consumidor final.
- 2 Receção e expedição – a mesma área usada para receção de produtos dos fornecedores, também é utilizada para expedir os pedidos dos clientes. O trabalho de conferência das peças que chegam e o carregamento para distribuição são feitos em horários diferentes, portanto um processo não atrapalha o outro.
- 3 Produtos de menores dimensões – nessa área do armazém encontram-se os corredores mais estreitos e as prateleiras menores, pois são armazenados somente produtos pequenos.

- 4 Estantes centrais – as estantes centrais servem para agrupar os itens de uma rota de distribuição, após ser feito a recolha dos itens nas prateleiras os mesmos são colocados nessas estantes. Neste local também estão os computadores que emitem as listagens de itens a serem recolhidos.
- 5 Produtos de maiores dimensões – na área 5 estão os maiores e mais pesados produtos, os corredores são largos para facilitar o manuseio das peças.

3.4 Processo de picking

A empresa não utiliza atualmente uma estratégia para recolher os itens, porém o método utilizado se parece com o *picking* discreto, cada operador coleta um pedido por vez. Referente ao sistema de *picking*, todo o processo é feito manualmente e o operador se desloca até as localizações dos itens armazenados para recolhe-los, portanto trata-se de um sistema *picker-to-parts*.

O operador é responsável por um caminhão (rota) de entrega, essa divisão por rotas serve para identificar os responsáveis por falhas que podem ocorrer, ou seja, saber quem foi o culpado se um pedido chegar errado no cliente e tentar identificar o erro para não repeti-lo. Porém, quando o volume de pedidos é grande, esta regra é deixada de lado e cada operador pode recolher para qualquer caminhão.

A área de *picking* conta com três computadores para impressão das ordens de *picking* e três operadores, por turno de trabalho, para recolher os materiais e colocá-los em uma zona central. Existem três estantes grandes no meio do armazém para cada operador depositar as peças separadas de acordo com os caminhões de cada rota. Por exemplo, o operador recolhe as peças das rotas A, B, C e D, e coloca na estante central e ao se aproximar da hora de saída de uma determinada rota, vai até à sua estante central e agrupa todas as peças da rota e leva-as para a área de expedição.

Logo que o operador termina de recolher as peças e as coloca na estante central, retorna para um dos computadores e confirma no sistema que todos os pedidos que recolheu já estão disponíveis para serem entregues. Esse processo é demorado, pois todas as informações, como a referência da peça, quantidade recolhida, número da rota que será entregue e o armazém que está expedindo o material, são preenchidos manualmente para cada pedido.

As etapas do processo de *picking* são as seguintes:

- 1) Imprimir uma ordem *picking* para cada pedido: o operador abre o sistema informático, verifica se tem pedidos de vendas e faz a impressão de cada pedido.
- 2) Agrupar lista de pedidos da próxima rota: o operador sabe qual será a próxima rota que sairá para distribuição, portanto irá recolher primeiro os pedidos da rota deste, os outros pedidos são colocados em caixas destinadas às outras rotas. Esse processo de identificação e separação das rotas consome tempo do operador e espaço dentro do armazém.

- 3) Organizar as ordens impressas de acordo com as localizações dentro do armazém: para tentar diminuir a distância percorrida, o operador coloca em ordem todos os pedidos das localizações próximas, com intuito de visitar uma única vez uma determinada zona do armazém por vez.
- 4) Recolher as peças: na maioria dos casos o operador não utiliza o auxílio de um veículo ou qualquer outro tipo de suporte para recolher as peças, somente aquelas com grandes dimensões e pesadas são recolhidas com suporte de veículos.
- 5) Colocar as peças nas estantes centrais: depois de recolhidos, os itens são todos agrupados em uma estante central, onde posteriormente serão conferidos e separados para a expedição dos mesmos.
- 6) Conferir e dar baixa no sistema informático: após recolher o pedido, o operador desloca-se até um computador para realizar a baixa manualmente no sistema informático.

A empresa não possui qualquer tipo de ferramenta ou estudo para auxiliar no planeamento de otimização das rotas de *picking*. Portanto, cabe ao operador decidir qual o trajeto que irá percorrer dentro do armazém para recolher as peças.

Embora o armazém seja consideravelmente pequeno, o processo de picking demora em média 5 minutos por pedido.

No próximo capítulo será apresentado o modelo de simulação e suas etapas de construção no *software* Arena, considerando as características do armazém e o processo de *picking* realizado no mesmo.

CAPÍTULO 4

Desenvolvimento do modelo

4.1 Recolha de dados

4.2 Configuração dos modelos

4.3 Réplicas

4.4 Modelos propostos

4.5 Resultados e discussão

4. Desenvolvimento do modelo

Neste capítulo apresenta-se o processo de concepção e desenvolvimento dos modelos de simulação. Para a criação desses modelos, utilizou-se a ferramenta de simulação Arena, em que foi desenhado o modelo característico do processo de *picking* da empresa MCoutinho. A primeira seção explica como foi feita a recolha dos dados para serem inseridos no *software* Arena. A seção seguinte apresenta a configuração dos módulos com as informações recolhidas. E por último, é feito uma análise dos resultados obtidos.

4.1 Recolha de dados

Nesse trabalho foram realizadas duas visitas na empresa entre os horários 10:00 até 12:00, pois estes são os horários com maior movimentação de itens dentro do armazém da empresa em questão. O registro de tempos foi feito com o auxílio de um cronômetro e uma prancheta para registrar as informações. Os tempos foram cronometrados aleatoriamente independentemente do trabalhador que iria realizar o *picking*.

A cronometragem foi separada em duas etapas, a primeira diz respeito ao tempo que o operador demora a recolher uma referência de um pedido, e a segunda é referente ao tempo que o mesmo demora para baixar o pedido, após o *picking*, no sistema informático. Os dados recolhidos foram organizados e são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Tempos de recolha de pedidos.

| Pedido | Número de itens | Tempo (minutos) | |
|--------|-----------------|-----------------|------------------------------|
| | | Recolha | Baixa no sistema informático |
| 1 | 3 | 02:32 | 00:35 |
| 2 | 4 | 01:20 | 00:25 |
| 3 | 1 | 00:58 | 00:30 |
| 4 | 2 | 02:53 | 00:25 |
| 5 | 3 | 03:16 | 00:49 |
| 6 | 5 | 02:50 | 00:35 |
| 7 | 2 | 04:10 | 00:20 |
| 8 | 5 | 03:00 | 00:40 |
| 9 | 1 | 01:15 | 00:24 |
| 10 | 1 | 00:52 | 00:24 |
| 11 | 2 | 00:49 | 00:13 |
| 12 | 3 | 02:26 | 00:47 |
| 13 | 3 | 02:06 | 00:23 |
| 14 | 3 | 01:30 | 00:03 |
| 15 | 6 | 05:00 | 01:03 |
| 16 | 4 | 02:12 | 01:37 |
| 17 | 2 | 01:57 | 00:08 |

| Pedido | Número de itens | Tempo (minutos) | |
|--------|-----------------|-----------------|------------------------------|
| | | Recolha | Baixa no sistema informático |
| 18 | 3 | 01:57 | 00:24 |
| 19 | 10 | 05:38 | 01:51 |
| 20 | 7 | 08:27 | 01:18 |
| 21 | 14 | 07:20 | 03:00 |
| 22 | 16 | 12:00 | 01:28 |
| 23 | 4 | 02:43 | 01:00 |
| 24 | 5 | 04:00 | 01:20 |
| 25 | 2 | 03:06 | 01:00 |
| 26 | 7 | 05:56 | 01:57 |
| 27 | 6 | 07:07 | 00:30 |
| 28 | 6 | 07:30 | 00:20 |
| 29 | 2 | 01:13 | 00:50 |
| 30 | 6 | 05:19 | 00:50 |
| 31 | 3 | 02:40 | 00:20 |
| 32 | 5 | 04:50 | 00:30 |
| 33 | 11 | 06:30 | 00:50 |
| 34 | 17 | 12:20 | 03:03 |
| 35 | 15 | 06:00 | 01:22 |
| 36 | 14 | 09:00 | 01:04 |
| 37 | 18 | 10:00 | 00:58 |
| 38 | 29 | 13:00 | 01:59 |
| 39 | 15 | 07:30 | 01:02 |
| 40 | 16 | 12:37 | 01:32 |
| 41 | 12 | 08:55 | 01:00 |
| 42 | 10 | 04:20 | 01:15 |
| 43 | 13 | 05:20 | 01:03 |
| 44 | 12 | 05:23 | 01:58 |
| 45 | 16 | 09:39 | 02:34 |
| 46 | 7 | 04:11 | 00:31 |
| 47 | 11 | 08:10 | 02:01 |
| 48 | 12 | 05:00 | 00:15 |
| 49 | 16 | 09:47 | 01:44 |
| 50 | 3 | 04:25 | 00:15 |
| 51 | 3 | 01:50 | 00:13 |
| 52 | 5 | 04:18 | 00:35 |
| 53 | 15 | 10:42 | 01:02 |
| 54 | 6 | 03:37 | 00:47 |
| 55 | 20 | 12:07 | 02:00 |
| 56 | 14 | 09:50 | 02:45 |

Durante a cronometragem foram recolhidos 456 itens referentes à 56 pedidos, uma média de 1 item a cada 55 segundos. A baixa do pedido no sistema informático consome, em média, 20% do tempo

total na recolha de um pedido, este percentual justifica-se pela ausência de uma ferramenta, como por exemplo, o leitor de código de barras, que poderia diminuir o tempo neste processo.

A Figura 17 mostra a dispersão entre a quantidade de itens recolhidos, por pedido, e o tempo que necessário para recolhe-los:

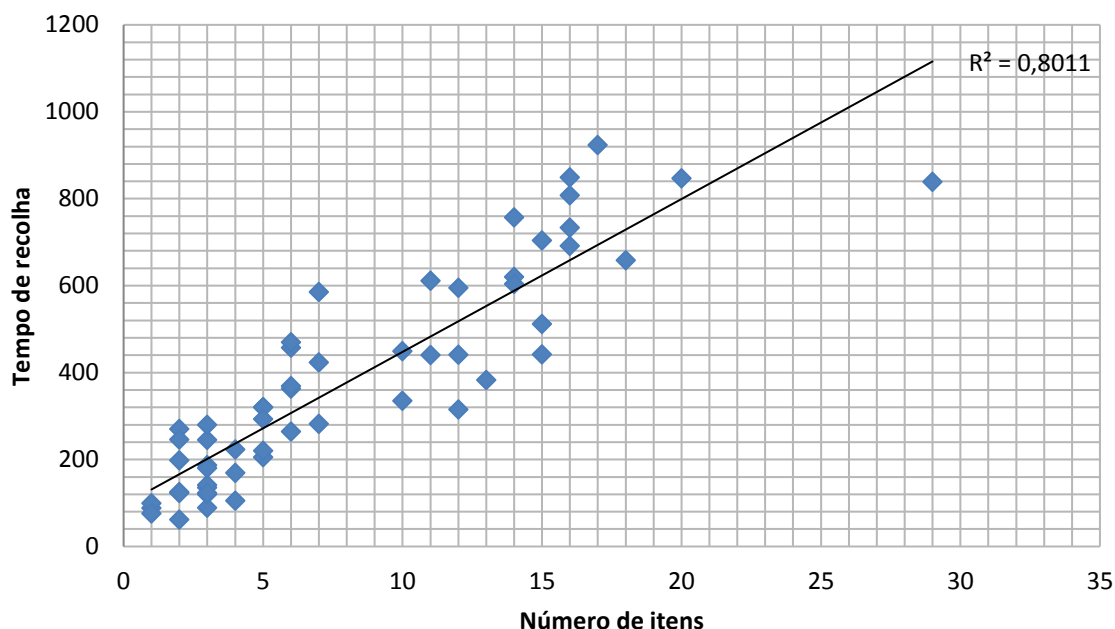


Figura 17 - Correlação entre o número de itens e o tempo de recolha

Percebe-se pelo gráfico que o tempo do *picking* de um pedido, em alguns casos isolados, é pouco afetado pelo número de itens recolhidos, ou seja, um pedido com 6 itens pode ser recolhidos em 200 s e outro com 4 itens em 400 s. Porém, na maioria dos casos existe correlação entre as duas variáveis ($R^2 = 0,8011$).

4.2 Configuração dos modelos

O modelo atual, ou primeiro cenário, foi criado de acordo com o processo de *picking* que a empresa realiza atualmente. A Figura 19 apresenta a modelação no sistema no *software* ARENA, com o cenário do primeiro modelo.

A primeira etapa da construção do modelo no *software* Arena é verificar qual o padrão de distribuição que os dados recolhidos seguem. O próprio Arena faz essa análise com a função *Input Analyzer*. Esta função é fornecida como um componente padrão do ambiente Arena, podendo ser usado, não só, para ajustar as funções de distribuição de probabilidade para os dados de entrada, mas também para ajustar funções de distribuições específicas, apresentando os efeitos das mudanças nos parâmetros para a mesma distribuição (Figura 18).

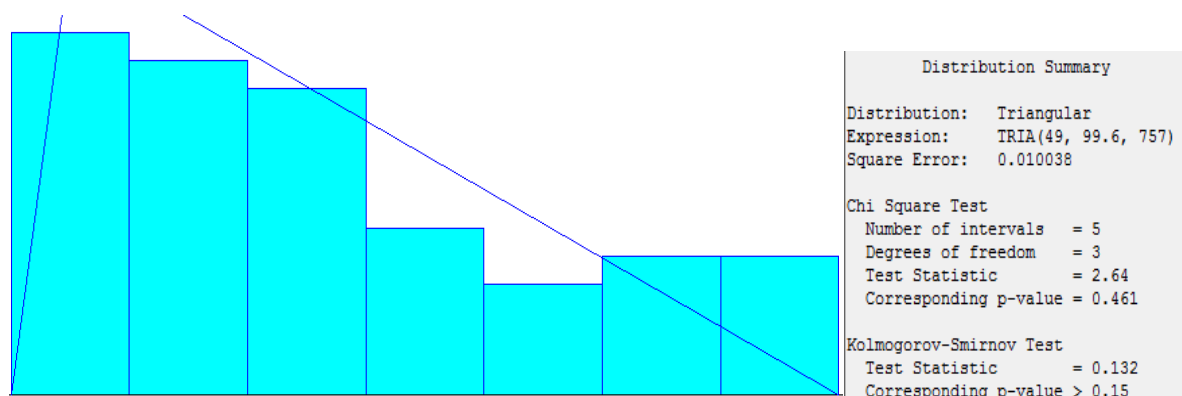


Figura 18 - Distribuição de acordo com o Input Analyzer.

O programa também usa dois testes estatísticos: o teste do χ^2 e o teste de Kolmogorov-Smirnov (KS). Os resultados destes testes são mostrados em função do chamado *valor de prova*. O valor de prova, cujo valor está entre 0 e 1, apresenta a probabilidade do erro cometido caso se rejeite a hipótese de que a distribuição adere aos dados da amostra. Quanto maior o valor de prova, melhor a aderência, pois seria um erro “grande” em não aceitar a distribuição. A regra básica é que os valores de prova devem ser maiores que 0.10 (10%), no mínimo.

Portando, no processo de recolha, a distribuição que melhor se ajusta é uma triangular, com os valores: mínimo 49, moda 99,6 e máximo 757 segundos e valores de prova iguais a 0.461 (46,1%) para o teste do χ^2 e maior que 0.15 (> 15%) para o teste de KS. Também é gerado um arquivo (*summary*) em que mostra o *ranking* das diversas distribuições em função do erro quadrado, como pode ser observado na Tabela 2.

Tabela 2 - Ranking das distribuições gerado pelo Input Analyzer.

| Distribuição | Erro Quadrado |
|--------------|---------------|
| Triangular | 0.1 |
| Weibull | 0.0128 |
| Erlang | 0.0136 |
| Exponential | 0.0136 |
| Beta | 0.142 |
| Gamma | 0.0182 |
| | |
| Uniform | 0.0281 |
| Normal | 0.00299 |
| Lognormal | 0.0686 |

Já para o processo de baixa no sistema, conforme o resultado do *Input Analyzer*, a amostra segue uma distribuição beta com expressão $8+175 \cdot \text{BETA}$ (0.737, 1.63), com valor de prova igual a 16,7% e >15%.

A segunda etapa, construção do modelo, refere-se à configuração dos módulos utilizados no *software* Arena para a elaboração da simulação:

- Módulo *Create*: este módulo é responsável pela entrada das entidades em um modelo de simulação, de acordo com intervalos de tempos definidos.
- Módulo *Assign*: utilizado para alterar o valor da variação, atributo e entidades do modelo. Além disso, marca o início de uma cronometragem do tipo “*time interval*” do módulo *Record*.
- Módulo *Decide*: este módulo permite a tomada de decisões no sistema. Inclui opções para tomar decisões baseadas em uma ou mais condições ou com base em uma ou mais probabilidades. As condições podem ser baseadas em valores de atributos (por exemplo, prioridade), os valores das variáveis (por exemplo, número negado), o tipo de entidade, ou uma expressão.
- Módulo *Process*: tem a função de representar qualquer ação dentro do sistema que leve um tempo para ser realizada. Também é capaz de representar a ocupação de um operador ou máquina responsável pela recolha dos itens.
- Módulo *Record*: recolhe estatísticas em pontos do modelo escolhidos pelo utilizador. Entre as informações que podem ser colhidas estão: contagem de entidades, frequência e intervalos de tempo. Expressões personalizadas podem ser incluídas também
- Módulo *Dispose*: é o último módulo usado, tem a função inversa à do módulo *Create*, pois retira as entidades do sistema finalizando o processo.

Todos esses módulos foram configurados no *template* do *software* Arena, imitando o processo real que ocorre no armazém da empresa MCoutinho. O modelo pronto está representado na Figura 19.

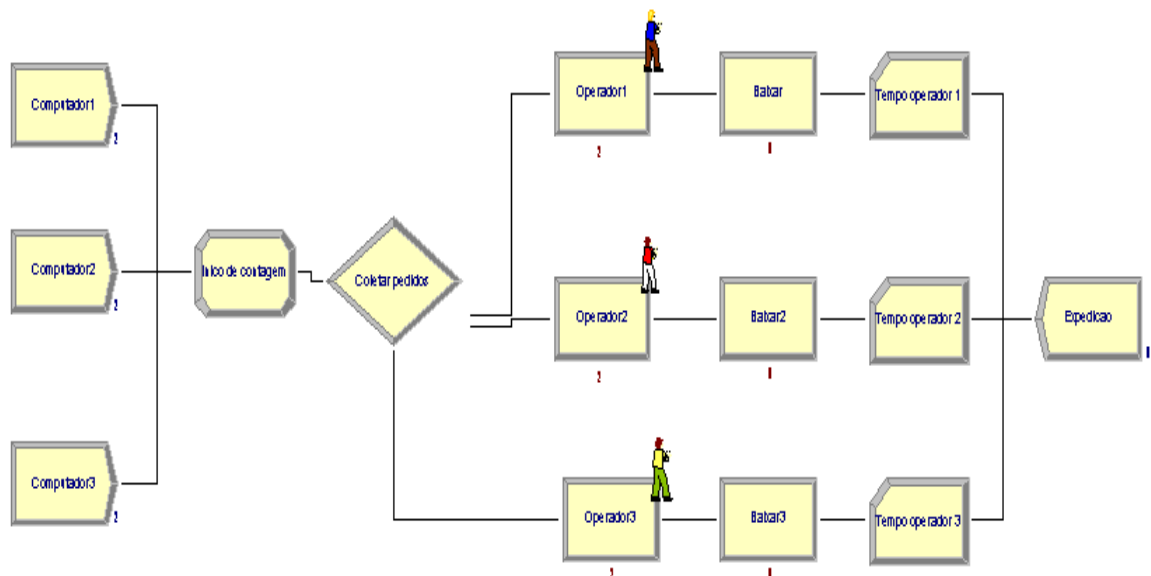


Figura 19 - Modelo de simulação criado no ARENA.

4.2.1 Réplicas

Réplicas indicam o número de simulações seguidas que serão executadas. Os geradores de números aleatórios utilizados em pacotes de simulação são fórmulas que dependem de uma semente para dar partida à geração de números. Utilizando a mesma semente obtém-se sempre a mesma sequência de números. Todavia, ao executar várias vezes o *software* de simulação, surgem sempre os mesmos resultados. Isto não acontece quando se utiliza o argumento réplica, pois o próprio *software* se encarrega de escolher uma semente diferente em cada replicação (Tozi et al., 2012). Nos modelos desse trabalho, as replicações não serão executadas para testes estatísticos, e sim para introduzir aleatoriedade aos modelos testados. Foi definido que cinquenta replicações seguidas de simulação seriam suficientes para atingir esse objetivo.

Em todos os modelos de simulação foram considerados apenas as horas de trabalho na realização do *picking* no turno da manhã. Após ser criado o primeiro modelo é possível criar outros cenários e verificar os resultados obtidos.

4.2.2 Modelos propostos

Visando reduzir o tempo de realização de *picking* no armazém da MCoutinho, sugere-se que os operadores utilizem leitores de códigos de barras nas recolhas dos pedidos (Segundo modelo). Neste caso, foram considerados os tempos de recolhas da Tabela 1 com um decréscimo de 15%, conforme expõe a revisão literária sobre esta tecnologia (Đukić et al., 2010). Não foram considerados os tempos de conferência do primeiro modelo, pois este processo é feito na hora que o item é recolhido da prateleira.

Na prática funciona da seguinte forma: o operário recolhe um item do inventário, faz a leitura do código de barras do produto e da localização da qual vai ser retirado o artigo e introduz a quantidade a ser retirada. A informação é transmitida desde o dispositivo portátil até a base de dados por radio frequência, permitindo ajustar o inventário e criar o registro do movimento.

No terceiro modelo simulado considerou-se a hipótese da MCoutinho adotar estratégias de *picking* que possam diminuir o tempo que os operadores levam para recolher os pedidos. Sendo assim, sugere-se que os operadores utilizem uma heurística de rota combinada para recolher os pedidos. Além disso, conforme expõe a revisão bibliográfica sobre este assunto, se a rota combinada for implementada com a estratégia de *picking* por lote, a economia no tempo pode chegar à 60%, conforme De Koster (1999). Porém, não foi considerada essa percentagem, pois na MCoutinho não é possível realizar o *picking* por lote para todos os pedidos, já que em alguns casos é necessário recolher peças de grande porte. Portanto, no terceiro modelo, se a empresa utilizar uma rota combinada com uma estratégia de *picking* por lote considerou-se uma redução no tempo de recolha dos pedidos igual a 40%.

O quarto modelo é a combinação do uso dos leitores de código de barra com as estratégias da rota combinada e o *picking* por lote. Neste caso somam-se as economias dos tempos do segundo e terceiro modelo, totalizando 55% de redução no tempo total do *picking*.

4.3 Resultados e discussão

Os resultados obtidos das simulações realizadas foram analisados com base nos índices de desempenhos oferecidos pelo próprio software ARENA, são eles:

- Quantidade de pedidos coletados: o número de pedidos que foram coletados em todo o processo;
- Tamanho da fila: quantidade de pedidos em espera no armazém para recolha;
- Tempo de processamento da atividade de *picking*: tempo médio desde o recebimento do pedido até a sua coleta por completo;
- Taxa de ocupação dos operadores: percentagem de utilização da capacidade de trabalho dos operadores.

No primeiro modelo não foi configurado no módulo *Create* a quantidade de pedidos emitidos, pois dessa forma é possível verificar se o modelo representa o cenário real. O número de pedidos recolhidos dentro do limite de trabalho estabelecido está apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 - Quantidade de pedidos recolhidos.

| Modelo | Nº pedidos recolhidos |
|--------|-----------------------|
| 1 | 55 |
| 2 | 55 |
| 3 | 55 |
| 4 | 55 |

Já nos modelos seguintes, o número de pedidos emitidos foi limitado em 55, igual ao modelo 1, visando comparar todos os modelos nos demais índices de desempenho.

Tabela 4 - Tempo que um pedido permanece na fila.

| Tempo em horas que uma ordem permanece no sistema | Média | Mínimo | Máximo |
|---|-------|--------|--------|
| Modelo 1 | 0,18 | 0,002 | 0,45 |
| Modelo 2 | 0,16 | 0,01 | 0,45 |
| Modelo 3 | 0,02 | 0,003 | 0,06 |
| Modelo 4 | 0,01 | 0,00 | 0,04 |

A Tabela 4 mostra que, o tempo médio que uma ordem permanece no sistema, em todos os modelos propostos, obteve uma redução significativa. O fato da empresa adotar uma estratégia de *picking*

pode reduzir 89% do tempo que um pedido espera para ser recolhido em comparação com o cenário atual.

Tabela 5 - Tempo de processamento do picking por pedido.

| Tempo em horas de recolha de uma ordem (média operadores) | Média | Mínimo | Máximo |
|---|-------|--------|--------|
| Modelo 1 | 0,28 | 0,08 | 0,56 |
| Modelo 2 | 0,25 | 0,10 | 0,54 |
| Modelo 3 | 0,08 | 0,05 | 0,19 |
| Modelo 4 | 0,03 | 0,01 | 0,08 |

A Tabela 5 apresenta as estatísticas do tempo de recolha dos operadores. Nota-se que houve uma redução em todos os modelos sugeridos, com destaque para o último modelo simulado que apresentou uma redução de 89% no tempo de recolha de um pedido.

Tabela 6 - Taxa de ocupação dos operadores

| Simulação | | Média | Mínimo | Máximo |
|-----------|-----------|-------|--------|--------|
| Modelo 1 | Operador1 | 95,1% | 71,3% | 124% |
| Modelo 1 | Operador2 | 91,8% | 57,2% | 122% |
| Modelo 1 | Operador3 | 89,9% | 62,8% | 121% |
| Modelo 2 | Operador1 | 66,8% | 50,4% | 86,7% |
| Modelo 2 | Operador2 | 65,4% | 44,3% | 83,4% |
| Modelo 2 | Operador3 | 66,5% | 49,8% | 86,2% |
| Modelo 3 | Operador1 | 51,3% | 31,1% | 68,0% |
| Modelo 3 | Operador2 | 50,3% | 35,5% | 72,0% |
| Modelo 3 | Operador3 | 50,2% | 31,9% | 66,3% |
| Modelo 4 | Operador1 | 29,1% | 17,6% | 42,0% |
| Modelo 4 | Operador2 | 26,3% | 16,4% | 39,0% |
| Modelo 4 | Operador3 | 27,4% | 15,3% | 37,3% |

A Tabela 6 apresenta a taxa de ocupação da capacidade de trabalho de cada operador em todos os modelos. Neste caso, é possível observar que no primeiro modelo os operadores tiveram as suas capacidades de trabalho quase ocupadas totalmente. Porém, nos modelos seguintes a taxa de ocupação diminuiu, chegando ao máximo de 29% no modelo 4. Portanto, no caso do modelo 4, a empresa poderia optar por ter apenas um operador por turno de trabalho para realizar a tarefa de *picking*. Considerando que o custo de um operador é aproximadamente 1.200 euros por mês, seria

possível reduzir o custo com a mão-de-obra em aproximadamente 28.800 euros por ano. Nos modelos 2 e 3, a empresa poderia manter os três operadores, porém utilizariam os mesmos para outras tarefas dentro do armazém enquanto não houvesse atividade de *picking*.

Observa-se através das simulações realizadas, que simples mudanças no método, como é realizado o *picking*, pode afetar diretamente o desempenho do armazém, diminuindo custos com mão-de-obra e evitando atrasos nas entregas para os clientes, o que poderia tornar a empresa mais eficiente e eficaz neste processo tão importante da logística.

Contudo, é possível melhorar ainda mais o desempenho do armazém com algumas medidas de complemento a essas mudanças, como por exemplo, a padronização da identificação das localizações das peças, isso diminuiria o tempo que o operador gasta procurando uma determinada peça e também facilitaria a leitura do aparelho de rádio frequência.

Outra medida que pode aumentar a eficiência no processo de *picking* diz respeito à disposição dos itens armazenados. A empresa possui informações sobre os produtos que mais vendem e conseqüentemente são mais expedidos pelo armazém. Portanto, é possível realizar uma análise ABC conforme apresentado na revisão bibliográfica, classificando os produtos de acordo com a procura dos mesmos e assim colocar os produtos A mais próximos da expedição e assim por diante com os produtos B e C.

CAPÍTULO 5

Conclusão

5. Conclusão

O trabalho desenvolvido para a obtenção do grau de Mestre em Logística trouxe como tema para sua elaboração as possíveis melhorias que podem ocorrer no processo de *picking* de uma empresa de peças para automóveis.

Diante da crise econômica atual no setor automóvel e o aumento constante da concorrência entre as empresas neste setor, colocam uma pressão nas empresas para procurarem vantagens competitivas. Perante a este cenário, o presente trabalho procurou compreender o processo de *picking* na sua totalidade, e assim poder sugerir melhorias para a empresa M Coutinho através da simulação. Para isto, estabeleceu-se um objetivo central: Propor melhorias para o processo de *picking* de uma distribuidora de peças para automóveis. Este objetivo foi alcançado por intermédio dos objetivos específicos do estudo, conforme será descrito a seguir.

O primeiro objetivo específico – estudar os conceitos referente ao *picking* e a simulação – considera-se que o mesmo foi alcançado uma vez que no Capítulo 2 foram abordados os temas relativos à Logística, Cadeia de Abastecimento, *Picking*, Simulação e Técnicas.

Referente ao segundo objetivo específico – descrever a situação atual do armazém da empresa estudada – foi apresentado o tipo de negócio que a empresa atua, as marcas que ela representa e a forma como é estruturada as entregas para os clientes. Referente ao armazém, explicou-se como funciona o processamento do pedido desde o Call Center até a expedição, focalizando principalmente no processo de *picking*.

Por fim, verificar os impactos das melhorias propostas por meio de modelos de simulação computacional consistia o último objetivo específico proposto e realizado. Os modelos de simulação realizados mostraram-se adequados para testar cenários relacionados à atividade logística de *picking*. As simulações criadas neste trabalho foram feitas no *software* ARENA, que demonstrou facilidade na adequação para a análise dos resultados.

A avaliação da estratégia de *picking* utilizada pela empresa atualmente reflete um desperdício de tempo na realização desta atividade, que conseqüentemente reduz a produtividade do armazém. A escolha de uma estratégia mais eficiente poderá mudar esta realidade, porém é necessário ajustar o sistema de informação para gerar os pedidos para o armazém na sequência correta para os operadores. O processo de conferência dos pedidos, após serem recolhidos, também torna a atividade mais demorado e suscetível ao erro humano. Ao aderir a uma tecnologia de *picking* sugerida, como o leitor de códigos de barras, é possível eliminar o processo de conferência que existe atualmente acarretando em uma maior produtividade. Apesar desta tecnologia implicar um custo inicial para ser implementada, os custos com mão de obra podem ser reduzidos e assim, compensar o investimento.

Não se pode afirmar definitivamente que as estratégias de *picking* sugeridas são as melhores para a recolha de pedidos em geral. É claro que, uma estratégia de *picking* pode se mostrar compatível com o processo de trabalho estudado quando se analisam algumas características específicas, e disto pode se concluir apenas que tal estratégia pode se adequar bem ao cenário que foi objeto da pesquisa. Isto quer dizer que as conclusões desta dissertação são específicas para os processos de recolha de itens de uma empresa particular do setor automóvel. Apesar da simulação ter sido desenvolvida com base no cenário específico da empresa pesquisada, este método pode ser facilmente ajustado e implementado em todas as empresas que trabalham com armazéns cujo serviço de recolha manual é predominante.

Por meio da simulação é possível analisar os gargalos do sistema, podendo-se implantar novas metodologias e tecnologias que venham a melhorar a qualidade da recolha de produto e garantir uma maior e melhor produtividade dos profissionais envolvidos. Enfim, os resultados da adequação das estratégias de *picking* simuladas demonstram que é possível melhorar a produtividade dos funcionários e obter outros ganhos relacionados, sem investir alto em novas tecnologias.

Durante a elaboração dessa dissertação foram encontradas algumas dificuldades para ter acesso a informação relevantes para sua construção, pois todas as informações foram coletadas em horários de trabalho no armazém, portanto a visita do mestrando não podia interferir na produtividade dos funcionários. Outra dificuldade está relacionada à limitação do *software* Arena, pois foi utilizada a versão estudante do programa.

A partir dos resultados obtidos com o estudo e considerando que o *picking* é responsável por grande parte dos custos logístico, sugere-se a elaboração de outros trabalhos sobre o processo de *picking*, como por exemplo, realizar novas simulações com diferentes estratégias e tecnologias para diferentes tipos de produtos e armazéns.

REFERÊNCIAS

- Ackerman, K. B (1990). *Practical Handbook of Warehousing*. New York: Van Norstrand Reinhold.
- Aguilar, R. S (2005). Adequação de um sistema de picking no armazém de produtos acabados de uma empresa de produtos elétricos. *XXV Encontro Nac. de Eng. de Produção*. Brasil
- Alfieri, A., & Brandimart, P. (1997). Object-oriented modeling and simulation of integred production/distribution systems. *Computer Integred Manufacturing Systems*, 10, 261-266.
- Anderson, M., & Olsson, G. (1998). A simulations based decision support approach for operational capacity planing in a customer order driven assembly. *In Proceedings of the 1998 Winter Simulation Conference* (pp.935-941)
- Bowersox, D. J., Closs, D. J., & Cooper, B. (2006). *Gestão logística de cadeia de suprimentos*. Bookman.
- Bragg, S. (2004). *Inventory Best Practices*, 1ª Edição. New Jerse: John Wiley & Sons, Hoboken.
- Carvalho, J. C. (2010). *Logística e Gestão da Cadeia de Abastecimento*. Lisboa: Sílabo,
- Carvalho, J. C., Guedes, A. P., Arantes, A. M., Martins, A. L., Póvoa, A. B., & Luís, C. A. (2012). *Logística e Gestão da Cadeia de Abastecimento*. Lisboa: Sílabo.
- Cervo, A. L (2007). *Metodologia científica*. 6. São Paulo: Pearson Prentice Hall.
- Chase, R. B., & Aquilano, N. J. (1989). *Gestão da Produção e das Operações: perspectiva do Ciclo de Vida*. Lisboa: Monitor.
- Courtois, C., Martin, C., & Pillet M. (2006). *Gestão da Produção: Para uma gestão industrial ágil, criativa e cooperante*. 7ª. Lisboa: Lidel.
- De Koster, R., Roodbergen, K. J., & Van Voorden, R. (1999) Reduction of walking time in distribution. *New Trends in distribution logistics*, 216-235
- De Koster, R., Le-Duc, T., & Roodbergem, K. J. (2007). Design and Control of Warehouse order picking. *European Journal of Operational Research*, 182, 481–501.
- Díaz, J. A., & Péres, I. G. (2000). Simulation and Optimization of Sugar Cane Transportation in Haverst Season. *In Proceedings of the Winter Simulation Conference* (pp. 1114-1117).
- Đukić, G., Česnik, V., & Opetuk, T. (2010). Order-picking Methods and Technologies for Greener Warehousing, *Strojarstvo. Journal for Theory and Application in Mechanical Engineering*, 52, 23-31.
- Eisenstein, D.D. (2008). Analysis and Optimal Design of Discrete Order Picking Technologies Along a Line. *InterScience*, 1-13.
- Escobar, J. A. T., Carvalho, M. S. F. B., Freires, F. G. M. (2015). O uso de tecnologias para o processo de preparação de pedidos: implicações e proposições. *Revista Produção Online*. Florianópolis, SC, v.15, n. 1, p. 188-212.
- Espinal, C. A., López, C. E. A., & Montoya, R. A. G. (2010) Sistemas de identificacion por radiofrecuencia, codigo de barras y su relacion con la gestion de la cadena de suministro. *Estudios Gerenciales*, 18, 115-141.
- Frazelle, E. H., Hackman, S. T., Passy, U., & Platzman, L. K. (1994). *Optimization in industry 2* (pp. 43–61). New York: John Wiley & Sons, Inc.

- Freitas, F. P. J. (2001). *Introdução à modelagem e simulação de sistemas*. Santa Catarina: Visual Books.
- Gu, J., Goetschalckx, M., & McGrinnis, L.F. (2007), Research on warehouse operation: A comprehensive review. *European Journal of operational research*, 177, 1-21.
- Gross, J. G. (1981). Picking methods may provide key to lower cost warehouse plans, *Industrial Engineering* 18/6, 50-54.
- Hugan, J. C. (2001). Using Simulation to Evaluate Sise Traffic at an Automobile Truck Plant. *Proceedings of the 2001 Winter Simulation Conference* (pp. 1013-1016).
- Lamberts, S.W.J (2008). *Enhancing Warehouse Performance by Efficient Order Picking*. Geboren te Shanghai, China.
- Mascarenhas, S. A. (2012). *Metodologia científica*. São Paulo: Pearson Education.
- Medeiros, A. R. (1999). *Estratégias de Picking na Armazenagem*. Disponível em: http://www.prologbr.com.br/arquivos/documentos/estrategias_de_picking_na_armazenagem.pdf
- Nassar, V., & Vieira, M. L. H. (2014). A aplicação de RFID na logística: um estudo de caso do Sistema de Infraestrutura e Monitoramento de Cargas do Estado de Santa Catarina. *In Gest. Prod., São Carlos*, 21, (pp. 520-531).
- Kelton, W.D., Sadowski, Randall P., & Sadowski, D. A. (2002), “*Simulation With Arena*”, *Series in Industrial Enginnering*, McGraw-Hill.
- Kauark, F., Manhães, F. C., & Medeiros, C. H. (2010). *Metodologia da pesquisa: guia prático*. Itabuna: Via Litterarum.
- Reif, R., & Günthner, W. A. (2009) Pick-by-vision: augmented reality supported order picking, *The Visual Computer*. *Vis Comput*, 25, 461–467.
- Richards, G. (2011). *Warehouse Management: A complete guide to improving efficiency and minimizing costs in the modern warehouse*. London: Kogan Page.
- Rushton, A., Croucher, P., & Baker, P. (2006) *The Handbook of Logistics and Distribution Management*. London: Kogan Page.
- Schunk, D., & Plott, B. (2000). Using Simulation to Analyer Supply Chain. *In Proceedings of the 2000 Winter Simulation Conference*, (pp. 1095.1100).
- Servera-Francés, D. (2010). Concepto y evolución de la función logística. *innovar Journal*, 28, 217-233.
- Shannon, Robert E. (1998). Introduction to the Art and Science of Simulation. *Proceedings of the Winter Simulation Conference*, 2, 81-101.
- Sharp, G.P., & Choe, k. (1991). *Small parts order picking: desingn and operation*. School of Industrial an Systems Engineering: Geogia Instituto of Technology.
- Shih, Y. C., & José, H. C. G. J. (2007). Modeling and Simulation of Retrieving In *Process. Proceedings of the Winter Simulation Conference*. (pp1682-1690).
- Stock, J., & Lambert, D. M. (2001). *Strategy Logistics Management*. New York: McGraw-Hill.
- Tompkins, J. A., Bozer Y. A., Frazelle E. H. e Tanchoco J. M. A., (2003). *Facilities Planning*. New Jersey: John Wiley & Sons, Hoboken:

Tozi, L. A., Correia, A. R., & Mendes, D. S. (2012). Análise de alternativas para aumento da produtividade e qualidade operacional de terminais de cargas em aeroportos por meio de simulação computacional. *Journal of Transport Literature*, 6, 125-143.

Trone, J., Guerin, A., Clay, A. D. (2000). Simulation of West Processing, Transportation, and Disposal Operations. *In Proceedings of the Winter Simulation Conference* (pp. 1085-1089).